ROK XXVI

ZESZYT 9/10/11

Przegląd Elektrotechniczny

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

Przedpłata kwartalna . . . 27 zł
Cena niniejszego zeszytu . . 27 „

Adres Redakcji i Administracji:
Warszawa, ul. Czackiego 3/5, tel. 895-10/11/12/13/14/15/16
Konto czekowe P.K.O. I-4242/113

Ogłoszenia
1/1 str. . . . . . 1500 zł
1/2 „ . . . . . 900 „
1/4 „ . . . . . 600 „
1/8 „ . . . . . 360 „

Warszawa, 21 listopada 1950 r.

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

Rok XXVI, zesz. 9/10/11 — 21 listopada 1950 r. || XXVI-й год, вып. 9/10/11 — 21 ноября 1950 г. || Vol. XXVI, No 9/10/11 — November 21, 1950 || Année XXVI, fasc. 9/10/11 — le 21 novembre 1950

SPIS RZECZY.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

CONTENTS.

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

zawiadamia, że zlikwidowało swój Dział Sprzedaży Wydawnictw SEP

Zamówienia na wydawnictwa SEP należy obecnie kierować:

1. DO POLSKIEGO KOMITETU NORMALIZACYJNEGO (Warszawa, Nowy Świat 1) na polskie normy elektrotechniczne PN/E i polskie normy telekomunikacyjne PN/T
2. DO CENTRALNEJ RADY ZWIĄZKÓW ZAWODOWYCH (Warszawa, Kopernika 36/40) na plakaty ostrzegawcze, tablicę instrukcyjną „Wskazania ogólne jak uniknąć porażenia prądem elektrycznym" i tablice (blaszane) PN/E-9 „Wskazówki niesienia doraźnej pomocy w wypadku porażenia prądem elektrycznym"
3. DO KSIĘGARNI DOMU KSIĄŻKI na wydawnictwa książkowe
4. DO PAŃSTWOWEGO PRZEMYSŁU MIEJSCOWEGO — DYREKCJI METALOWEJ I ELEKTROTECHNICZNEJ W POZNANIU (Poznań, Plac Wolności 6) na tablice ostrzegawcze blaszane (emaliowane i litografowane) wg PN/E-39

XIV uzupełnienie listy członków SEP

ogłoszonej w PE, 1947, z. 9/10, str. IV-X (Trzynaście poprzednich uzupełnień ob. w PE, 1947, z. 11/12, str. IV; w PE, 1948, z. 3, str. V; z. 7/8, str V; z. 9, str. IV; z. 10/11, str. III z. 12, str. III; w PE, 1949, z. 2/3, str. III; z. 4/5/6, str. III; z. 9, str. III; z. 10/11/12, str. III, oraz w PE, 1950, z. 1/2/3, str. II; z.4/5/6, str. II; z. 7/8 str.II)

ODDZIAŁ LUBELSKI

Niedźwiadek Tadeusz, Lublin, Sierakowszczyzna 7 a m. 1
Rejak Jan, Lublin, Wielka 37

ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Bańcerowski Stanisław, Warszawa, Jakubowska 14 m. 2
Bruszkiewicz Romuald, Michalin k. Warszawy, Szkolna 20 m. 1
Budny Stanisław, Warszawa, Karolkowa 32/44
Czechowski Janusz, Warszawa, Bolecha 45 m. 2
Czekaliński Lech, Wesoła k. Warszawy, Piłsudskiego 71
Czernik Władysław, (T), Warszawa, Hoża 27 a m. 10
Czerwonko Arnold, (T), Warszawa, 11 Listopada 26 m. 72
Gajda Wiktor, (T), Świder k. Otwocka, Gen. Świerczewskiego 13 m. 1
Glinicki Zdzisław, Warszawa, Podchorążych 85 m. 11
Górnicki Jan, (T), Warszawa, Dworkowa 1, Hotel PZPR
Gregorek Władysław, (T), Warszawa, Słowackiego 52/54
Janulis Ryszard, (T), Warszawa, Gen. Sikorskiego 27 m. 24
Kanabus Stanisław Ryszard, Warszawa, Marszałkowska 14 m. 92
Kiełkiewicz Andrzej, (T), Milanówek, Chrzanowska 8
Klukowski Jerzy, (T), Warszawa, Kawęczyńska 18 m. 5
Konczyński Henryk, (T), Warszawa, Ząbkowska 15
Kossakowski Zdzisław, (T), Warszawa, Nadwiślańska 29 m. 2
Kotecki Józef, (T), Warszawa, Nowolipie 80 m. 37
Kowalski Ryszard, Warszawa, Nowogrodzka 44 m. 12

Ciąg dalszy na str. III

PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH
CENTRALNEGO ZARZĄDU ENERGETYKI, CENTRALNEGO ZARZĄDU PRZEMYSŁU ELEKTROTECHNICZNEGO

Redaktor inż. Tadeusz Czaplicki

Rok XXVI | Warszawa, 21 listopada 1950 r. | Zeszyt 9/10/11

KRONIKA

LX. Reforma pieniężna

„Należy umocnić złoty polski". W tych czterech wyrazach jest ujęte w ustawie o planie 6-letnim (PE, 1950, z. 7/8, str. 282) wielkie zagadnienie uporządkowania całej gospodarki naszej od strony finansowej.

Dokonana przez państwo w ostatnich dniach października z wielką sprawnością zmiana systemu pieniężnego w myśl ustawy z dnia 28. X. 50 była pierwszym — formalnym — krokiem na drodze do rozwiązania powyższego zagadnienia. Ustawa głosi, że celem jej jest: 1) oparcie gospodarki narodowej na wysokowartościowym trwałym pieniądzu, 2) okiełznanie i ograniczenie wyzyskiwaczy i elementów spekulacyjnych, 3) stworzenie podstawy dla wzrostu oszczędności mas pracujących i skutecznej walki o oszczędną i racjonalną gospodarkę narodową, 4) ustalenie właściwego i słusznego stosunku pieniądza polskiego do walut państw kapitalistycznych.

Przeprowadzenie reformy walutowej jest dowodem uznawania przez państwo, że nasze główne trudności czasu powojennego już minęły, że wyszliśmy już z chaosu, w którym wypadło nam podejmować odbudowę swej państwowości, że wyniki naszego pierwszego planu trzyletniego są dodatnie, że nadeszła pora i możliwość uporządkowania naszej gospodarki od podstaw.

Reforma pieniężna, przeprowadzona w tempie błyskawicznym, nie zdezorganizowała w niczym życia gospodarczego, nie wywołała paniki nawet chwilowej. Jest to zrozumiałe, bo atmosfera stworzona przez nowy ustrój państwowy była po temu pomyślna. Wszak do podstawowych możliwości i zasad tego ustroju należało przestrzeganie rozważnej polityki budżetowej. To też pomimo niesłychanego wyniszczenia kraju wskutek działań wojennych i gospodarki okupanta nie przeżywaliśmy po drugiej wojnie światowej żadnych orgii inflacyjnych, nie gnębiła nas zmora czarnogiełdziarskiego handlu walutami obcymi.

Kurs nowego złotego ustalono na poziomie wartości 1/4,5 g czystego złota, a więc na zasadzie parytetu złota 1 zł = 1 rublowi ZSRR = 1/4 dol. USA. W stosunku do dawnego złotego kurs przeliczeniowy dla c e n i p ł a c ustalono na poziomie 1 zł nowy = 33¹/₃ zł dawnych, natomiast przy w y m i a n i e b a n k n o t ó w przyjęto kurs 1 zł nowy = 100 zł dawnych. W ten sposób reforma walutowa odrazu w dniach wymiany banknotów dokonała poważnej redukcji (o 66²/₃%) niebezpiecznych nagromadzeń kapitałowych w ręku ludności. Klauzula ta była skierowana przeciwko szkodliwym elementom kapitalistycznym w myśl wymienionych wyżej pod p. 2 celów ustawy i nie dotknęła zasobów pieniężnych, złożonych na książeczki oszczędnościowe.

Sama wymiana dawnych pieniędzy na nowe bynajmniej nie wyczerpuje zadań reformy walutowej. Wymiana była dopiero wstępem, otwarciem drogi do właściwej reformy pieniężnej, która ma polegać na „umocnieniu" złotego polskiego. Umocnienie oznacza więcej niż stabilizację złotego w sensie zabezpieczenia go od spadku; umocnienie oznacza również, że nowy złoty ma być pieniądzem trwałym o w z r a s t a j ą c e j sile nabywczej.

Rozwiązanie tak postawionego zagadnienia — doprowadzenie do tego, że nowa złotówka będzie rzetelnym miernikiem gospodarczej wartości towarów i usług — spada na cały świat pracy, a przede wszystkim na organy kierownicze we wszystkich działach gospodarki narodowej. I tu właśnie inżynierowi polskiemu przypada w udziale bardzo ważna i odpowiedzialna rola. Wszak to inżynier wszystkie swoje obliczenia w metrach, kilogramach, godzinach, kaloriach, kilowatach, kilowatogodzinach i licznych innych jednostkach fizycznych musi z samego charakteru swej pracy uzupełniać obliczeniami w złotych, bo to złote kontrolują w ostatniej instancji wartość projektów inżynierskich zarówno pod względem nakładów, jak i pod względem rentowności, i decydują o realizacji lub odrzuceniu tych projektów.

Na złotych opiera się wszelkie planowanie i jest tym pewniejsze, im „mocniejszy" jest pieniądz. To samo dotyczy produkcji we wszystkich dziedzinach, dotyczy budownictwa, eksploatacji urządzeń użyteczności publicznej, handlu i wszelkich innych form gospodarki narodowej.

Dróg do podnoszenia wartości naszego pieniądza, do zwiększania jego siły nabywczej, a więc i do podnoszenia realnej wartości zarobków jest bardzo dużo. Prowadzą one przez obniżenie kosztów produkcji, a więc przez podnoszenie wydajności wszelkiej pracy — w fabryce i na roli, na budowie i w biurze, w transporcie i w sklepie; przez racjonalną organizację pracy i stosowanie nowoczesnych procesów wytwórczych; przez oszczędne zużywanie materiałów, energii, pracy ludzkiej, środków transportowych, a jednocześnie przez dobre wyzyskanie maszyn i innych narzędzi produkcji; przez walkę z marnotrawstwem czasu, ze wszelkimi formami rozrzutności; przez sporządzanie dokładnych planów produkcji i wykonywanie ich sumiennie; przez powiększanie skali produkcji; przez kontrolowanie celowości każdego wydatku i unikanie wszelkich wydatków nieprodukcyjnych; przez dokładne dostosowanie płac do wydajności pracy, do jakości produkcji itd. itd.

Nie należy wątpić, że inżynier polski z tytułu swego kierowniczego stanowiska przy planowaniu, projektowaniu, produkcji, eksploatacji i na wielu innych polach swój obowiązek przyczynienia się do umocnienia złotego spełni dobrze.

LXI. Techniczne konferencje fachowe SEPu.

Wobec trudności organizowania obecnie zjazdów o licznym składzie, jakimi były doroczne walne zgromadzenia SEPu, dyskusyjna działalność naukowo-techniczna Stowarzyszenia przybiera obecnie postać fachowych konferencji, z których każda ma być poświęcona osobnej węższej dziedzinie i których uczestnikami mają być delegowani czy zaproszeni specjaliści z danej dziedziny.

W zeszycie niniejszym czytelnik znajdzie część materiału dyskusyjnego, przygotowanego na dwie najbliższe konferencje — materiałoznawstwa elektrycznego i techniki świetlnej, organizowane przez SEP łącznie z Głównym Instytutem Elektrotechniki.

Koncepcja takich konferencji jest słuszna. Mogą one dać wielkie korzyści, jeżeli tematyka poszczególnej konferencji — choć podpadająca pod pewną specjalność — nie będzie zbyt rozległa i różnorodna i jeżeli referaty będą gruntownie opracowane z wyraźnie sformułowanymi tezami, wymagającymi oświetlenia i krytyki w dyskusji.

Dalszym krokiem w podniesieniu korzyści z takich konferencji byłoby udostępnienie ich również członkom SEPu, zgłaszającym się z własnej inicjatywy, w szczególności młodszym, którzy sposobią się do pracy w danej dziedzinie i mają zainteresowania poważne. Przeciwdziałanie wykolejeniu się konferencji fachowych na tory zjazdów turystyczno-rozrywkowych jest zawsze możliwe.

Tadeusz Czaplicki

gospodarcze trakcji parowej i elektrycznej. Zalety trakcji elektrycznej. Zarys historyczny rozwoju elektryfikacji kolei austriackich. — El. u. Masch., 1949, nr 3, str. 66—69. A. M.

448 621.335.6(494)
Die elektrischen Schneeschleudermaschinen der schweizerischen Bahnen. Anderegg E. — Elektryczne pługi odśnieżające na kolejach szwajcarskich. Metody usuwania śniegu z torowisk. Opis rozmaitych typów pługów, stosowanych w Szwajcarii. Dane techniczne maszyn. Eksploatacja maszyn odśnieżających. — Bull. Schweiz. Elektr. Ver., 1949, nr 4, str. 89—95, 9 rys., 2 tabl. A M.

Napęd elektryczny

449 621.34:631
Untersuchung der Betriebsverhältnisse elektrisch und anders angetriebener Dreschmaschinen. Opacki J. — Zalety elektrycznego napędu młockarni. Opis przeprowadzonych doświadczeń porównawczych pracy młockarni napędzanej lokomobilą i silnikiem elektrycznym. Wyniki badań i ich analiza. Zapotrzebowanie energii dla młócenia rozmaitych zbóż. Zalety napędu elektrycznego. Opis urządzenia elektrycznego napędu. — El. u. Masch., 1949, nr 5, str. 109—118, 10 rys., 2 tabl. A. M.

450 621.5
O normirowanii udielnych raschodow elektroeniergii w kompresornych ustanowkach. Akimienko A. D. — Gospodarka energią elektryczną w urządzeniach kompresorowych. Obliczanie objętości zbiornika powietrznego kompensującego pulsacje kompresorów tłokowych. Klasyfikacja turbokompresorów. Wyznaczenie wpływu temperatury wody chłodzącej na zużycie energii elektrycznej. Środki zmierzające do zmniejszenia rozchodu energii elektr. w urządzeniach kompresorowych. Literatura. — Promyszl. Energ., 1947, nr 7, str. 4—6, 4 rys., 2 tabl. T. S.

Elektrochemia

451 621.357.13:621.315.53
Compte rendu de la XVIII semaine de discussion. 3 section. Applications industrielles diverses. — Sprawozdanie z dyskusji na posiedzeniu Stowarzyszenia Elektryków Francuskich nad elektrolizą aluminium. Przebieg reakcji i wielkość napięcia elektrolitycznego rozkładu surowca. Teoria elektrolizy aluminium. Uwagi uczestników konferencji na temat teorii elektrolizy aluminium i przebiegu procesów chemicznych. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1948, nr 86, str. 503—522. A. M.

Grzejnictwo elektryczne

452 621.31 : 669
Metallurgy and electricity. Sonderson L. — Nowe zastosowania energii elektrycznej w metalurgii. Pomiary i sprawdzanie wymiarów pomieniami Roentgena. Hartowanie i azotowanie stali przy pomocy pieców wielkiej częstotliwości. Spawanie przy pomocy prądów wirowych. Ultradźwięki do wykrywania skaz. Elektryczny pomiar gładkości powierzchni. Spawanie stopów Al, Cu i Mg. — Electr. Rev., 1947, 2. V, str. 725—727. A. P.

453 621.365.92
Wysokoczastotnyj nagriew płasticzeskich mas. Kalitwianski W. I., Diegatiew W. M. — Nagrzewanie mas plastycznych przy użyciu urządzeń wielkiej częstotliwości. Zalety metody. Opis urządzenia przemysłowego do nagrzewania prądami wielkiej częstotliwości. Wyniki badań, przeprowadzonych we Wszechzwiązkowym Instytucie Elektrotechnicznym im. Lenina. — Elektriczestwo, 1948, nr 4, str. 6—11, 6 rys. A. M.

Telekomunikacja

454 621.392.1.012.1
Ein exaktes Strom-Spannungs-Diagramm für Hochleistungs-Übertragungen. Senn E. — Wykres prądów i napięć dla linii długich. Moc naturalna i jej znaczenie. Zarys teorii linii długiej. Wykres wektorowy — wyprowadzenie teoretyczne i zastosowanie. Zalety wykresu. — El. u. Masch., 1949, nr 4, str. 83—86, 2 rys. A. M.

455 621.392.5.015.3
K razczotu nieustanowiwszewosja rieżyma w cjepnych schiemach. Poliwanow K. M., Jachinson B. I. — Przyczynek do analizy stanu nieustalonego układów czwórnikowych. Przebieg wypadkowej przewodności obwodu w funkcji czasu. Literatura. — Elektriczestwo, 1948, nr 4, str. 57—60, 2 rys. A. M.

456 621.395.44:621.315.052.63
Télécommunications à haute fréquence. Latreille A., Zweguintzow M. — Telekomunikacja wielkiej częstotliwości na przewodach linii wysokiego napięcia. Zasada pracy układu telefonii nośnej. Opis różnych sposobów realizacji układu (telefonia na jednym i na dwóch przewodach). Opis rozwiązań technicznych, stosowanych w sieciach francuskich. Przebieg czynności łączeniowych. Rev. Gén. Électr., 1949, nr 9, str. 349—356, 16 rys. A. M.

457 621.396:389.6
Unifikacja wysokoczastotnych ustanowok. Mondrus D. B., Margolin S. M., Zilberman W. M. — Normalizacja urządzeń wielkiej częstotliwości w Związku Radzieckim. Normalizacja częstotliwości, mocy i napięć. Zasadnicze typy schematów urządzeń zasilających. Opis urządzeń. — Elektriczestwo, 1948, nr 4, str. 18—25, 6 rys., 4 tabl. A. M.

Rozrząd zdalny

458 621.398:621.316.027.7
Centralized ripple control on high-voltage networks. Ross T. W., Smith R. M. A. — Rozwój konstrukcji i zastosowań układów do sterowania zdalnego urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia przy pomocy prądów o częstotliwości akustycznej. Zależność mocy i natężenia sygnału od częstotliwości. Analiza części składowych układu energetycznego z punktu widzenia ich własności i zachowania się przy częstotliwościach akustycznych. Metody posobna i oboczna przekazywania sygnałów częstotliwości akustycznej do układu energetycznego, ich wady i zalety. Oddziaływanie wzajemne układów sprzężonych i współpracujących przy sterowaniu prądami o częstotliwości akustycznej. Opis i działanie przekaźników odbierających sygnały sterujące. Strona gospodarcza zagadnienia sterowania prądami o częstotliwości akustycznej. Dyskusja. — Journ. Inst. Electr. Engrs, 1948, cz. II, nr 47, str. 470—491, 15 rys. Z.S.

459 621.398:621.316.1+621.317.083.7
Installation combinée de télécommande, télémesure et télécommunication de Waltensbourg-Ilanz. König W., Walder E. — Opis urządzeń do zdalnego sterowania, pomiarów i telekomunikacji w sieci Waltensbourg-Ilanz o napięciu 50 kV. Schemat urządzenia nadawczego i odbiorczego, wykaz wielkości mierzonych zdalnie oraz dających się wykonać zdalnie czynności łączeniowych. Zasada działania układu. Wygląd zewnętrzny urządzenia. — Rev. Gén. Électr., 1949, nr 12, str. 515—519, 7 rys. A. M.

460 621.398:621.33
La commande centralisée des sous-stations de traction de la ligne de Nîmes à Sète. Chappée F. — Opis urządzeń sterowania zdalnego stacji trakcyjnych na linii Nîmes—Sète. Zalety centralizacji sterowania. Opis stacji zasilających trakcyjnych oraz nastawni głównej w Nîmes. Zasada działania urządzenia zdalnego sterowania. Własności elektryczne urządzenia. — Rev. Gén. Électr., 1949, nr 12, str. 503—514, 10 rys. A. M.

Technologia

461 621.775.7
Keramik — Siliziumkeramik — Metallkeramik. Herstellung metallischer Formkörper nach keramischer Arbeitsweise. Metallisch-keramische Materialien. Hauser M. — Zastosowanie technologii ceramiki do przygotowania i obróbki materiałów metalicznych. Porównanie porcelany i stali. Własności technologiczne krzemu. Ceramika materiałów proszkowych. Własności i zastosowanie. — Bull. Schweiz. Elektr. Ver., 1949, nr 8, str. 208—215, 7 rys. A. M.

Transport

462 625.2:621.314.2.026.447
18-achsiger Schwerlastwagen. — Opis specjalnego wagonu kolejowego, dostosowanego do przewozu transformatorów 220 kV 100 MW. Nośność wagonu 185 t, waga własna 85 t, ilość osi 18, minimalny promień łuku toru 80 m. — El. u. Masch., 1949, nr 1, str. 21, 1 rys. A. M.

techniczną był, jak wiadomo, węzeł wodny Iwańkowski — czołowa budowla kanału im. Moskwy ukończona w r. 1937. Następnie przed rozpoczęciem i w czasie Wielkiej Wojny Narodowej zostały uruchomione węzły wodne w Ugliczu i Szczerbakowie. Utworzenie przez tamę szczerbakowską zbiornika Rybińskiego (największego na kontynencie europejsko-azjatyckim) wydatnie polepszyło warunki żeglugi na Wołdze i zapewniło korzystne warunki pracy dużej elektrowni wodnej, która odegrała doniosłą rolę w zaopatrzeniu Moskwy w energię elektryczną w latach Wielkiej Wojny. Po zakończeniu wojny planowy rozwój wyzyskania zasobów Wołgi był przedłużony: rozwinięto budowę następnych po Szczerbakowskim węzłów — w Gorkim na Wołdze i węzła Mołotowskiego na Kamie. Urządzenia hydrotechniczne kujbyszewskie i stalingradzkie staną się najpotężniejszymi ogniwami w kaskadach Wołgi.

Budowa elektrowni Kujbyszewskiej i Stalingradzkiej posiada olbrzymie znaczenie gospodarcze. Za podstawę projektów obydwu elektrowni wodnych przyjęto całkowite wyzyskanie bogactw wodnych Wołgi. Obok wytwarzania olbrzymiej ilości energii elektrycznej dla potrzeb gospodarki ludowej te budowle-unikaty powołane są do rozstrzygnięcia wielkich zagadnień transportowych, a szczególnie zagadnień socjalistycznej gospodarki rolnej.

Elektrownia kujbyszewska powinna zapewnić dostawę energii elektrycznej do przedsiębiorstw przemysłowych w Moskwie, Kujbyszewie, Saratowie, do elektryfikacji kolei, nawodnienia ziem zawołżańskich i poprawy żeglugi na Wołdze. Elektrownia stalingradzka będzie współdziałać w polepszeniu warunków klimatycznych na nizinach nadkaspijskich, a szczególnie w opanowaniu pustynnych i napółpustynnych okręgów na północnych obszarach tych nizin; pozwoli urzeczywistnić nawodnienie południowych okręgów zawołżańskich dla rozwoju intensywnej i ciągłej gospodarki rolnej, jak również nawodnienie niziny sarpińskiej, czarnoziemu i stepu Nogajskiego. Jednocześnie budowa elektrowni stalingradzkiej zapewni dodatkową dostawę energii elektrycznej do centrum kraju, do Powołża i obszarów środkowo-czarnoziemnych oraz polepszenie warunków żeglugi w dolnym biegu Wołgi. Budowa elektrowni kujbyszewskiej i stalingradzkiej stworzy warunki do nowego, potężnego wzrostu przemysłu i rolnictwa na Powołżu i będzie miała znaczny wpływ na dalszy rozwój gospodarki w innych okręgach kraju.

Uchwała rządu przewiduje rozpoczęcie prac budowlanych przy elektrowni kujbyszewskiej w r. 1950 i całkowite uruchomienie jej w r. 1955; budowa elektrowni stalingradzkiej ma być rozpoczęta w r. 1951, uruchomienie całkowite przewiduje się na rok 1956.

Projekt tych elektrowni wodnych przewiduje regulowanie zlewiska Wołgi za pomocą zbiorników, gromadzących wodę w czasie wiosennych wylewów i oddających ją według rozkładu zapotrzebowania urządzeniom energetycznym i nawadniającym. Stworzenie zbiorników wody umożliwi wysoki stopień regulowania zlewiska. Na ogół udział wyzyskania zlewiska do celów produkcyjnych określa się dla instalacji kujbyszewskiej i stalingradzkiej w wysokości około 90%.

Regulowanie zlewiska Wołgi skróci czas trwania wylewów wiosennych, w latach zaś małej wody doprowadzi do całkowitego wyrównania zlewiska. Zmiany te wpłyną na gospodarkę rybną. Urządzenie potężnych wodnych zbiorników-jezior stworzy przesłanki do intensywnego rozwoju racjonalnej hodowli ryb.

Ogólna produkcja energii elektrycznej w dwóch elektrowniach nad Wołgą w wysokości około 20 mlrd. kWh (tabl. I) prawie równa się produkcji wszystkich elektrowni wodnych we Francji i przekracza znacznie wytwórczość wszystkich elektrowni włoskich.

Do przesyłania energii do miejsc zużycia musi być wybudowana wielka ilość linii przesyłowych o najwyższym napięciu, w tej liczbie dwie linie magistralne o napięciu 400 kV: Kujbyszew—Moskwa i Stalingrad—Moskwa łącznej długości rzędu 2000 km oraz ponad 2000 km linii przesyłowych o napięciu 220 kV w obrębie Nadwołża.

Dzięki wybudowaniu wspomnianych linii przesyłowych elektrownie kujbyszewska i stalingradzka będą odgrywały rolę międzyokręgowych ośrodków regulacyjnych. Na olbrzymiej przestrzeni europejskiej części ZSRR będzie stworzony potężny układ energetyczny, posiadający szereg zalet w stosunku do odrębnych zakładów: większą elastyczność oraz pełne wyzyskanie mocy i produkcji elektrowni wodnych w różnych pod względem ilości wód latach; zaoszczędzenie mocy zainstalowanej w elektrowniach dzięki rozbieżności największych obciążeń w różnych porach roku

Tablica I. Ogólna charakterystyka projektowanych elektrowni wodnych nad Wołgą

	Elektrownia kujbyszewska	Elektrownia stalingradzka	Razem
Moc ustalona (tys. kW)	2 000	1 700	3 700
Wytwórczość w przeciętnym roku (mln. kWh)	10 000	10 000	20 000
Rozdział wyprodukowanej energii:			
dla Moskwy (mln kWh)	6 100	4 000	10 100
„ okręgu środkowo-czarnoziemnego (mln. kWh)	—	1 200	1 200
„ Nadwołża (przemysł i elektryfikacja kolei w okręgach kujbyszewskim, saratowskim, stalingradzkim i astrachańskim) (mln. kWh)	2 400	2 800	5 200
„ nawodnienia i elektryfikacji rolnictwa w Nadwołżu i na obszarach nadkaspijskich (mln. kWh)	1 500	2 000	3 500

i w różnych godzinach doby w poszczególnych okręgach; doprowadzenie do minimum mocy pomocniczych elektrowni cieplnych; wreszcie zmniejszenie wymaganych rezerw i zwiększenie pewności zaopatrzenia w energię.

Projektowane linie nie mają sobie równych w żadnym kapitalistycznym kraju: np. w USA nie ma linii przesyłowych ponad 430 km długości i o napięciu ponad 287 kV. Potężne dalekosiężne linie przesyłowe Kujbyszew—Moskwa i Stalingrad—Moskwa otwierają nowy rozdział w historii światowej energetyki, stają się nowym etapem w jej rozwoju, możliwym tylko w warunkach ustroju socjalistycznego.

Budowa wielkich elektrowni wywrze znaczny wpływ na bilans paliwowy i przewozy paliwa w europejskiej części ZSRR. Energia produkowana w elektrowniach kujbyszewskiej i stalingradzkiej umożliwi zaoszczędzenie rocznie 11 milionów ton węgla donieckiego i odpowiednie zmniejszenie kolejowego transportu węgla do okręgów: środkowego, nadwołżańskiego i środkowo-czarnoziemnego.

Energia elektrowni kujbyszewskiej i stalingradzkiej będzie kilkakrotnie tańsza od energii wytwarzanej w elektrowniach cieplnych. Tania energia stanie się potężnym bodźcem do dalszego znacznego rozwoju przemysłu i rolnictwa.

Budowa zbiorników wodnych polepszy warunki żeglugi na Wołdze, zwiększy znaczenie Wołgi jako największej magistrali transportowej kraju.

Budowa elektrowni i zbiorników wodnych przy nich posiada doniosłe znaczenie również dla rozwoju rolnictwa i zmiany klimatu.

Projektowane obecnie nawodnienie ziem w związku z budową tamy kujbyszewskiej i tamy stalingradzkiej obejmuje olbrzymie połacie, ciągnące się od równoleżnika miasta Kujbyszewa na północy do rzeki Tereka na południu i od rzeki Uralu na wschodzie do Wołgi i południka Stalingradu na zachodzie. Głównym źródłem wody do nawadniania tego obszaru będzie rzeka Wołga i w niewielkiej części rzeka Terek.

Na terenach zawołżańskich należy nawodnić 2,5 mln. ha ziemi. Ponieważ nawadniane obszary położone są znacznie wyżej niż leży poziom Wołgi, woda będzie dostarczana za pomocą potężnych pompowni, otrzymujących energię z elektrowni kujbyszewskiej i stalingradzkiej. Północna część tego obszaru Zawołża o powierzchni nawadnianej 1 mln. ha, ograniczona od północy mniej więcej równoleżnikiem m. Stawropola, a od południa równoleż-

Epokowe budowle ZSRR w dziedzinie hydrotechniki i elektroenergetyki*)

Treść. Podane są podstawowe wiadomości o rozpoczętych budowach w ZSRR: a) dwu elektrowni wodnych na Wołdze (w Kujbyszewie i Stalingradzie) łącznie z nawodnieniem okręgów nadwołżańskich i nadkaspijskich; b) Głównego Kanału Turkmeńskiego; c) elektrowni wodnej w Kachówce na Dnieprze łącznie z nawodnieniem południowej Ukrainy i północnego Krymu.

Великие, знаменующие эпоху, сооружения СССР в области гидротехники и электроэнергетики. Приводятся основные сведения о предпринятых в СССР работах по соооужению: а) двух гидроэлектрических станций на Волге (в Куйбышеве и Сталинграде) вместе с орошением заволжских и прикаспийских земель. б) Главного Туркменского канала; в) Каховской гидроэлектрической станции на Днепре с орошением южной Украины и северного Крыма

Outstanding hydro-engineering and electric power constructions in the USSR. Fundamental data are provided as to the following constructions on which work has been started in the USSR: a) two hydroelectric power plants on the Volga (at Kuybyshev and Stalingrad), combined with the irrigation of the Volga and Caspian areas; b) the main Turkmenian canal; c) a hydro-electric plant at Kachowka on the Dniepr, combined with the irrigation of the Southern Ukraine and Northern Crimea.

1. Wstęp.

Uchwały rządu ZSRR dotyczące: a) budowy zakładów wodnoelektrycznych w Kujbyszewie i Stalingradzie na Wołdze z jednoczesnym nawodnieniem ziem nadwołżańskich i wielkich obszarów nad morzem Kaspijskim, b) budowy Głównego kanału turkmeńskiego od Amu-Darii do Krasnowodska oraz nawodnienia ziem południowych równiny nadkaspijskiej w zachodniej Turkmenii, nizin przy ujściu Amu-Darii oraz zachodniej części pustyni Kara-Kumy, wszystko to w połączeniu z wyzyskaniem spadków wodnych w elektrowniach, c) budowy zakładu wodnoelektrycznego w Kachówce nad Dnieprem i sieci nawadniającej na południu Ukrainy i na północy Krymu — otwierają nową znamienną kartę w historii nie tylko techniki radzieckiej, ale i całej gospodarki ludowej ZSRR. Tymi uchwałami lud radziecki został wezwany do stworzenia w krótkim czasie olbrzymich zakładów wodno-elektrycznych i wykonania prac hydrotechnicznych, jakie nie mają sobie równych w całym świecie ani pod względem rozmiarów, ani pod względem skomplikowanych warunków budowy, ani pod względem skutków gospodarczych.

Uchwały rządu o największych budowlach wodnych na terenie ZSRR są stwierdzeniem pokojowej polityki radzieckiej i napawają dumą narody radzieckie. Podobnego zakresu budownictwa wodnego nie zna historia techniki światowej. Tylko w warunkach władzy ludowej i gospodarki planowej możliwa jest realizacja takich olbrzymich projektów, mających na celu opanowanie sił przyrody i wyzyskanie bogactw naturalnych kraju.

W krótkim terminie pięciu — sześciu lat będą wzniesione największe w świecie elektrownie wodne i budowle hydrotechniczne. Ogólna moc elektrowni wodnych w Kujbyszewie, Stalingradzie, Kachówce oraz elektrowni wodnych na kanale turkmeńskim przekroczy czterokrotnie moc wszystkich elektrowni w dawnej Rosji carskiej.

Przedrewolucyjna Rosja stała pod względem wytwórczości energii elektrycznej na jednym z ostatnich miejsc w świecie. Związek Radziecki w wyniku pomyślnego wykonania planu GOELRO i stalinowskich pięcioleci wysunął się obecnie pod względem skali wytwarzania energii elektrycznej na pierwsze miejsce w Europie i drugie w świecie. Pracownicy elektrowni radzieckich walczą o pomyślne wykonanie w 1950 r. stalinowskiego zadania wytworzenia w ostatnim roku powojennego pięciolecia 82 mlrd. kWh energii elektrycznej, tj. o 70% więcej niż w przedwojennym 1940 r.

W rozwoju energetyki radzieckiej szczególnie ważne jest budownictwo elektrowni wodnych. ZSRR posiada niezmiernie bogate zasoby wodne. W Rosji przedrewolucyjnej były one wykorzystywane w znikomym stopniu. Przed Wielką Rewolucją Październikową kraj posiadał tylko niewielkie elektrownie wodne o ogólnej mocy ok. 10 MW; największa z nich miała moc ok. 2 MW.

Propozycje hydrotechników rosyjskich wyzyskania energii wód Wołchowa, Dniepru i rzek zakaukaskich oraz środkowo-azjatyckich pozostawały nie realizowane wobec ekonomicznego zacofania kraju i drapieżnej eksploatacji bogactw naturalnych.

Dopiero po rewolucji październikowej rozpoczęto według wskazań Lenina i Stalina budowę pierwszej dużej okręgowej elektrowni wodnej na rzece Wołchowie. W planie GOELRO przewidziany był udział elektrowni wodnych w wysokości przeszło 30% ogólnej mocy nowych elektrowni. W okresie pierwszego i drugiego stalinowskiego pięciolecia wybudowano ponad 30 elektrowni wodnych, w tym Dnieprowską im. Lenina, będącą wówczas najpotężniejszą w świecie, i Dolno-Świrską im. Graftio, stanowiącą w praktyce światowej zjawisko wyjątkowe wobec nadzwyczaj trudnych warunków geologicznych.

W owych latach rozpoczęto również eksploatację takich budowli hydrotechnicznych, wykonanych przez państwo radzieckie, jak kanał Białomorsko-Bałtycki im. Stalina i kanał im. Moskwy. W pierwszych latach trzeciego stalinowskiego pięciolecia uruchomiono nowe elektrownie wodne o ogólnej mocy kilkuset tysięcy kilowatów.

Według stalinowskiego powojennego planu pięcioletniego buduje się dziesiątki większych i setki mniejszych elektrowni wodnych we wszystkich ważniejszych okręgach państwa.

W krajach kapitalistycznych prywatna własność ziemi i chciwe zysku monopole kapitalistyczne przeszkadzają rozwojowi budownictwa wodno-elektrycznego. Właściciele ziemscy śrubują ceny terenów, przeznaczonych na zalanie, co powoduje częstokroć zaniechanie projektów budowlanych. Monopole węglowe i naftowe, dla których budowa elektrowni wodnych stwarza groźbę zmniejszenia się zapotrzebowania paliwa (węgla i ropy), potrzebnego dla elektrowni cieplnych, stosują różne środki mające na celu uniemożliwienie budowy elektrowni wodnych. Monopolistyczne przedsiębiorstwa kolejowe prowadzą zaciekłą walkę przeciwko ulepszeniu dróg wodnych i budowie kanałów. Walka monopoli kapitalistycznych stwarza największe przeszkody celowemu wyzyskaniu energii wodnej.

W gospodarce socjalistycznej naturalne bogactwa i osiągnięcia współczesnej techniki są wykorzystane ku pożytkowi ludności i w interesie pokojowej, socjalistycznej pracy oraz ku podniesieniu materialnego dobrobytu i kulturalnego poziomu mas pracujących. Wyraźnym potwierdzeniem tego jest zadecydowana ostatnio budowa wymienionych wyżej olbrzymich zakładów wodno-elektrycznych, które stanowią część wielkiego stalinowskiego planu przeobrażenia przyrody.

Tempo zwiększenia mocy elektrowni i wzrost wytwarzania energii elektrycznej w Związku Radzieckim są znacznie większe niż w krajach kapitalistycznych, a w ich liczbie i w Stanach Zjednoczonych Ameryki. W okresie stalinowskich pięcioleci Związek Radziecki został przekształcony w potężne mocarstwo przemysłowe i kołchozowe.

Powzięte z inicjatywy Stalina decyzje w sprawie nowych olbrzymich budowli na Wołdze, kanału przez piaski turkmeńskie oraz nawodnienia południa Ukrainy i północy Krymu jeszcze bardziej podniosą gospodarczą potęgę kraju socjalistycznego.

2. Elektrownie nadwołżańskie.

Wołga jest największą rzeką w Europie i posiada olbrzymie zasoby energetyczne. Pojemność zlewiska Wołgi w roku przeciętnego stanu wód wynosi w zasięgu Kujbyszewskiej elektrowni wodnej 241 km³, a w zasięgu elektrowni Stalingradzkiej 251 km³. Zawartość zlewiska Wołgi w dzisiejszym stanie naturalnym waha się w dużym stopniu w różnych latach, a szczególnie w różnych porach roku.

Wyzyskanie „białego węgla" z układu rzecznego Wołgi było zapoczątkowane w okresie przedwojennych pięcioleci stalinowskich. Pierwszą dużą wołżańską budowlą hydro-

*) Źródła: 1) Żuk S. Wielikije narodnyje strojki stalinskoj epochi (Płanowoje Chozjajstwo, 1950, 5, wrzes.—paźdz., str. 17—27). — 2) Wielikaja strojka stalinskoj epochi (Prawda, nr 235, 23. VIII. 50). — 3) Wieliczestwiennyje sooruženja komunizma (Elektriczestwo, 1950, 10, str. 3—4). — 4) Wielikije strojki komunizma (Elektriczeskije Stancji, 1950, 10, str. 3—4). — 5) Electric power development in the U. S. S. R. (Moscow, 1936).

i mocy. Zespół ma się składać z turbiny pionowej z łopatkami obrotowymi i łożyskiem oporowym na pokrywie turbiny oraz z potężnej prądnicy. Ogólną wagę urządzeń hydromechanicznych elektrowni kujbyszewskiej i stalingradzkiej określa się na około 120 000 ton. Budowa tak potężnych maszyn stawia przed konstruktorami nowe wymagania, gdyż dotychczasowe turbiny wodne, pracujące w elektrowniach w Ugliczu i Szczerbakowie i mające koła o średnicy 9 m, są dla nowych olbrzymów za małe.

Sprawy zabezpieczeń, automatyzacji, urządzeń rozrządczych, budowy wielkich transformatorów energetycznych na napięcie 400 kV, wyłączników o olbrzymiej mocy wyłączalnej, aparatury do podwyższania i obniżania napięcia, ustalenia izolacji, typu przewodów, typu słupów, stateczności pracy równoległej układów elektrycznych itp. wymagają wielu różnorodnych i wszechstronnych badań i obliczeń.

Należy również poświęcić dużo uwagi zagadnieniom techniczno-ekonomicznym, związanym z tymi olbrzymimi budowami. Dość jest wskazać, że zaoszczędzenie jednego procentu wyprodukowanej w nowych elektrowniach energii elektrycznej przez zmniejszenie strat wyniesie ponad 200 mln. kWh, tj. przewyższy roczną wytwórczość elektrowni o mocy 40 MW.

Dostarczanie za pięć lat z nowych elektrowni ponad 20 mlrd. kWh rocznie wymaga przygotowania spożycia energii. Ta ilość energii elektrycznej przewyższa ogólne spożycie takich krajów, jak Włochy lub Francja. Zakładając, że na 1 kW mocy elektrowni powinno przypadać 2—3 kW w urządzeniach odbiorczych, należy dla wyzyskania energii nowych elektrowni wodnych zainstalować u odbiorców co najmniej 10 mln. kW w odbiornikach. Ten problem wymaga głębokiego wkroczenia energii elektrycznej we wszystkie gałęzie przemysłu, rolnictwa i transportu. Tak szerokie zastosowanie energii elektrycznej pociąga za sobą zasadnicze zmiany we wszystkich ogniwach procesu technologicznego, co niewątpliwie doprowadzi do ulepszenia i potanienia produkcji. Przed elektrotechnikami i technologami otwiera się niezwykle szerokie pole działania. Należy jeszcze zaznaczyć, że potężny strumień energii elektrycznej wprowadzony w nurt życia gospodarczego będzie bardzo tani: koszt własny energii będzie trzy do czterech razy mniejszy niż w obecnych wielkich elektrowniach cieplnych.

3. Elektrownia wodna w Kachówce nad Dnieprem.

Elektrownia kachowska o mocy 250 MW ustępuje znacznie olbrzymom wołżańskim, jej wartość jednak dla rolnictwa i przemysłu suchych stref południowej Ukrainy jest nie mniej doniosła. Objętość jej zbiorników wyniesie 14 mlrd. m^3. Kachowski węzeł wodny będzie się składać z tamy, elektrowni wodnej i śluzy żeglugowej. W okręgu węzła projektowane są pompownie i czołowe urządzenia kanału nawadniającego Kachówka—Askania Nowa. Kanał odpływowy do Krasnoznamienki łącznie z kanałem Kachówka — Askania Nowa zapewnią nawodnienie całego lewego pobrzeża Dniepru poniżej Kachówki. Podstawowym źródłem czerpania wody do nawodnienia południa Ukrainy i północy Krymu będzie zbiornik wodny elektrowni dnieprowskiej (Dnieprogesu). Z tego zbiornika będzie się czerpać w okresie rozlewu Dniepru wodę w ilości 600 do 650 m^3/s. W obecnym czasie ten nadmiar wody niewyzyskanej przelewa się bezużytecznie przez tamę dnieprowską. Woda ze zbiornika dnieprowskiego będzie skierowana przez kanał południowo-ukraiński, przez wodozbiór na rzece Mołocznej (pojemność 6 km^3) i szereg drobnych zbiorników do Askanii Nowej i do Siwasza, skąd rozpoczyna się północno-krymski kanał na Dżankoj i do Kierczy z odgałęzieniem do Razdolnej.

Ogólna długość kanałów magistralnych południowo-ukraińskiego i północno-krymskiego wyniesie 550 km, a dużych kanałów odpływowych 300 km, nie licząc kanału Kachówka—Askania Nowa o długości 60 km.

Wody Dniepru zapewnią nawodnienie na obszarze USRR 1,2 mln. ha ziemi w okręgach chersońskim, zaporoskim, nikołajewskim i dniepropietrowskim (w tym 0,5 mln. ha normalnym spływem) i 0,3 mln. ha w obwodzie krymskim (w tym 0,2 mln. ha normalnym spływem). Poza tym wody Dniepru nawodnią na tych terenach 1,7 mln. ha ziemi.

W wyniku nawodnienia obszarów południowej Ukrainy i północnych terenów Krymu, jak również stworzenia ochronnych plantacij leśnych wzdłuż kanałów i na granicach nawadnianych terenów, a także umocowania piasków dolno-dnieprowskich stworzone będą warunki gruntownego ulepszenia najgłówniejszej podstawy produkcji rolniczej w kraju. Będzie to podstawa do osiągnięcia wielkich i stałych urodzajów pszenicy, wzmożonego rozwoju wysiewu bawełny, rozwoju hodowli bydła mlecznego, owczarstwa cienkowełnistego, hodowli drobiu itd.

Rozwój rolnictwa socjalistycznego będzie się odbywał na mocnych podstawach technicznych — na gruncie elektryfikacji rolnictwa i hodowli — w wyniku wyzyskania energii wodnej Dniepru.

4. Główny kanał turkmeński.

Uchwała rządu o budowie kanału przewiduje:

1) budowę niespotykanego co do wielkości, rozciągłości i warunków wykonywania pracy wodnego traktu od rzeki Amu-Darii przez pustynię Kara-Kumy do okręgu krasnowodskiego;

2) nawodnienie w związku z tym 1 300 000 ha nowych terenów;

3) stworzenie — w oparciu się o kanał — podstawowych punktów hodowli bydła i nawodnienie pustynno-stepowych pastwisk kara-kumskich.

4) budowę potężnej sieci wodociągów, doprowadzających wodę do okręgów przemysłowych;

5) umocnienie za pomocą roślin wielkich połaci pustynnych piasków i rozwój ochronnych plantacji leśnych nad wszystkimi kanałami wodnymi i terenami nawodnianymi.

Ten złożony zbiór zarządzeń gruntownie zmieni przyrodę znacznej części Turkmenii, stworzy nową podstawę dla rozwoju uprawy bawełny, hodowli bydła i innych gałęzi rolnictwa w Turkmenii i Kara-Kałpakii. Realizacja tego kompleksu do r. 1957 — przeważnie w warunkach bezwodnej, bezludnej i bezdrożnej pustyni — wymagać będzie zastosowania wysokiego poziomu techniki, jak również odpowiedniej organizacji i natężenia wysiłków.

Budowa traktu wodnego, będącego podstawą innych prac, rozbija się na kilka głównych części.

Pierwsza z nich — to tama zaporowa na rzece Amu-Darii przy brzegu przylądka Tachna-Tasz. Zadaniem tamy jest regulowanie poziomu wody w Amu-Darii dla zapewnienia normalnego zasilania w wodę głównego kanału turkmeńskiego i nowych kanałów irygacyjnych, które winny być wybudowane na prawym i lewym brzegu rzeki dla nawodnienia 800 000 ha terenu u ujścia Amu-Darii, w Kara-Kałpakii i na północnych terenach Turkmenii. Poza tym układ tamy i urządzeń czołowych na początku kanału winien zabezpieczyć zatrzymanie zamulenia piaskowego i iłowatego, zawartego w wodach Amu-Dari (10—12 kg na 1 m^3 wody latem i 2—4 kg zimą).

Na kanale turkmeńskim będą zbudowane trzy elektrownie o łącznej mocy 100 MW. Jedna z nich będzie zbudowana przy tamie; wyzyskując przelew i wielką masę wody, wyrzucanej do morza Aralskiego, wyprodukuje energię dla okolicznych terenów.

Od tamy do dawnego koryta Uzboj, którym niegdyś płynęły wody Amu-Darii przez kotlinę sarykamyską do morza Kaspijskiego, ma być zbudowany sztuczny kanał, a dalej woda popłynie swobodnie po starożytnym korycie Uzboju. Ten sztuczny odcinek kanału, obchodząc kotlinę sarykamyską, przejdzie przez względnie spokojną gliniasto-piaszczystą równinę i będzie wymagał największego zgromadzenia mechanizmów do robót ziemnych. Duża długość kanału przez teren pustynny i bezwodny będzie wymagała swoistych metod organizacji pracy, dostawy energii, wody itp.

Na Uzboju winny być zbudowane co najmniej dwie tamy o spiętrzeniu 20—30 m z zakładami wodnymi i śluzami przy nich dla żeglugi. Budowa tych tam spowodowana jest koniecznością wyprowadzenia magistralnego kanału nawadniającego z naturalnym spływem do zachodniej niziny turkmeńskiej dla nawodnienia około 500 000 ha terenu. Ponadto otrzyma się energię do zasilania pompowni, niezbędnych do dostarczenia wody na te połacie ziemi, na których nie może być osiągnięte nawodnienie spływem naturalnym.

Przy końcu Głównego kanału turkmeńskiego biorą początek wielkie rurociągi, dostarczające wody do szeregu przedsiębiorstw przemysłowych, szeregu zaludnionych

nikiem m. Saratowa, winna być nawodniona za pomocą energii, czerpanej z elektrowni kujbyszewskiej. Przeciętna wysokość tłoczenia wody pompami dla nawodnienia tego obszaru wynosi około 40—45 m przy największej wysokości do 90 m. Aby uzyskać najbardziej celowe i równomierne wyzyskanie mocy pompowni, projektowane jest wybudowanie na obszarach nawadnianych szeregu zbiorników wodnych, do których woda będzie napływała równomiernie w ciągu 8—10 miesięcy w roku.

Na obszarze Zawołża — na południe od równoleżnika m. Saratowa, mniej więcej do równoleżnika m. Stalingradu, jak również na wołgo-achtubińskim terenie trzeba nawodnić 1,5 mln. ha czerpiąc wodę z Wołgi przez pompownie, otrzymujące energię z elektrowni stalingradzkiej.

Na obszar wołgo-achtubiński dla nawodnienia obwałowanych terenów woda będzie czerpana zasadniczo z Wołgi, Achtuby i ich dopływów za pomocą małych pompowni, zaopatrywanych w energię z elektrowni stalingradzkiej. Wysokość tłoczenia wody z Wołgi i Achtuby będzie niewielka — od 7 do 10 m.

Uformowanie obszarów wodnych, nawodnienie ziem na południe od budowanego kanału stalingradzkiego — w rejonie powstawania szkodliwych dla rolnictwa suchych wiatrów — wpłynie korzystnie na klimat nie tylko na tym terenie, lecz i na terenach na zachód od niego. Poza tym dostarczenie wody wołżańskiej na ten obszar da możność wzmocnienia istniejących i organizacji nowych potężnych rolnictwa, łąk i pastwisk od niszczącego działania suchych wiatrów i wietrznej erozji gleby.

Zasadzenie lasów na brzegach zbiorników sarpińskich i ochronnych pasów leśnych wzdłuż kanałów da możność otrzymywania na miejscu przemysłowej masy drzewnej i zaniechania dostaw drzewa do tych terenów z dalekich okręgów północnych.

Ilość wody, niezbędna do nawodnienia wymienionych terenów, wyniesie około 30 km³ rocznie przy przeciętnym rocznym zużyciu około 1000 m³ na sekundę.

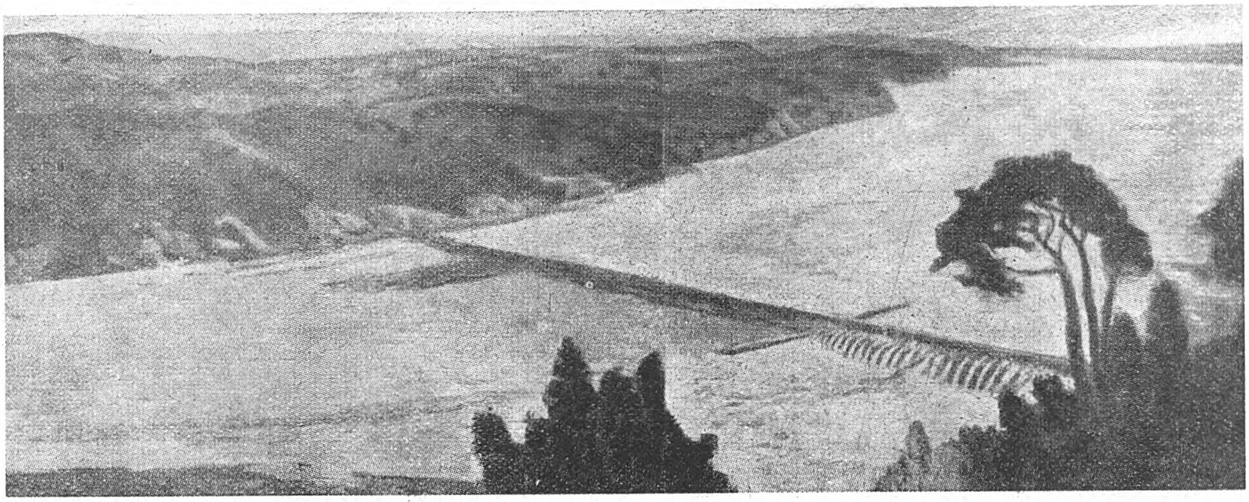
Całokształt budowy elektrowni wodnej kujbyszewskiej składa się z następujących zasadniczych elementów: budynku elektrowni, betonowej tamy zlewnej, tamy ziemnej, śluz żeglugowych. Dla zmniejszenia wymiaru frontu betonowego elektrownia łączy się z urządzeniami przepustowymi, dającymi możność wyzyskania jej przy przepuszczaniu części rozlewów (rys. 1).

Przez wszystkie urządzenia węzła wodnego przechodzą główna linia kolejowa i drogi samochodowe.

Elektrownia stalingradzka co do wymiarów, ciśnienia i warunków budowy podobna jest w ogólnych zarysach do elektrowni kujbyszewskiej.

Przewidywany układ węzła stwarza korzystne warunki spływu wody ze zbiornika do magistralnego kanału nawadniającego.

Zakres głównych prac przy budowie dwu elektrowni nadwołżańskich wyrażają liczby podane w tabl. II. Taki za-



Rys. 1. Wizja projektowanej tamy kujbyszewskiej na Wołdze (z okresu studiów przedwojennych)

punktów hodowli bydła, stworzy warunki umocowania piasków i sadzenia lasów, a na ziemiach nawadnianych rozwoju sadownictwa, ogrodownictwa i zasiewu innych roślin rolniczych.

Do nawodnienia terenów niziny sarpińskiej i części obszarów czarnoziemnych woda będzie czerpana z Wołgi poniżej tamy stalingradzkiej za pomocą pompowni, które dostarczą wody do zbiorników, urządzonych w rejonie jezior sarpińskich. Wysokość tłoczenia osiąga przy tym 15—20 m. Równomierne doprowadzanie wody do zbiorników sarpińskich w ciągu 10—12 miesięcy da możność ekonomicznie i celowo wyzyskać moc pompowni. Ze zbiorników sarpińskich woda będzie doprowadzana częściowo spływem naturalnym, częściowo za pomocą pompowni wtórnych do układu kanałów magistralnych i rozdzielczych, rozprowadzających wodę na terenie niziny sarpińskiej i obszaru czarnoziemnego. Step Nogajski będzie nawadniany wodą z rzeki Terek.

Powyższe urządzenia na nizinie sarpińskiej, na obszarach czarnoziemnych i w stepie Nogajskim stworzą warunki dla organizacji trwałego ośrodka karmowego i dla rozwoju hodowli bydła, znacznie ulepszą i powiększą zasoby karmowe dla hodowli stepowej i usuną rażące wahania w urodzajności sianokosów stepowych.

Nawodnienie, zbliżając wodę do miejsc wypasów, usunie konieczność przepędzania bydła do odległego poiska. Projektowany system ochrony plantacji leśnych przy pomocy kanałów nawadniających stanie się pewną ochroną kres robót nie ma przykładu w historii prac hydrotechnicznych. Mogą być one wykonane tylko pod warunkiem

Tablica II. Roboty ziemne i betonowe

Rodzaj robót	Elektrownia kujbyszewska	Elektrownia stalingradzka	Razem
Roboty ziemne (mln. m³)	150	600	750
Roboty betonowe i żelazo-betonowe (mln. m³)	6	7	13

pełnej mechanizacji wszystkich robót budowlanych i zastosowania najpotężniejszych maszyn budowlanych.

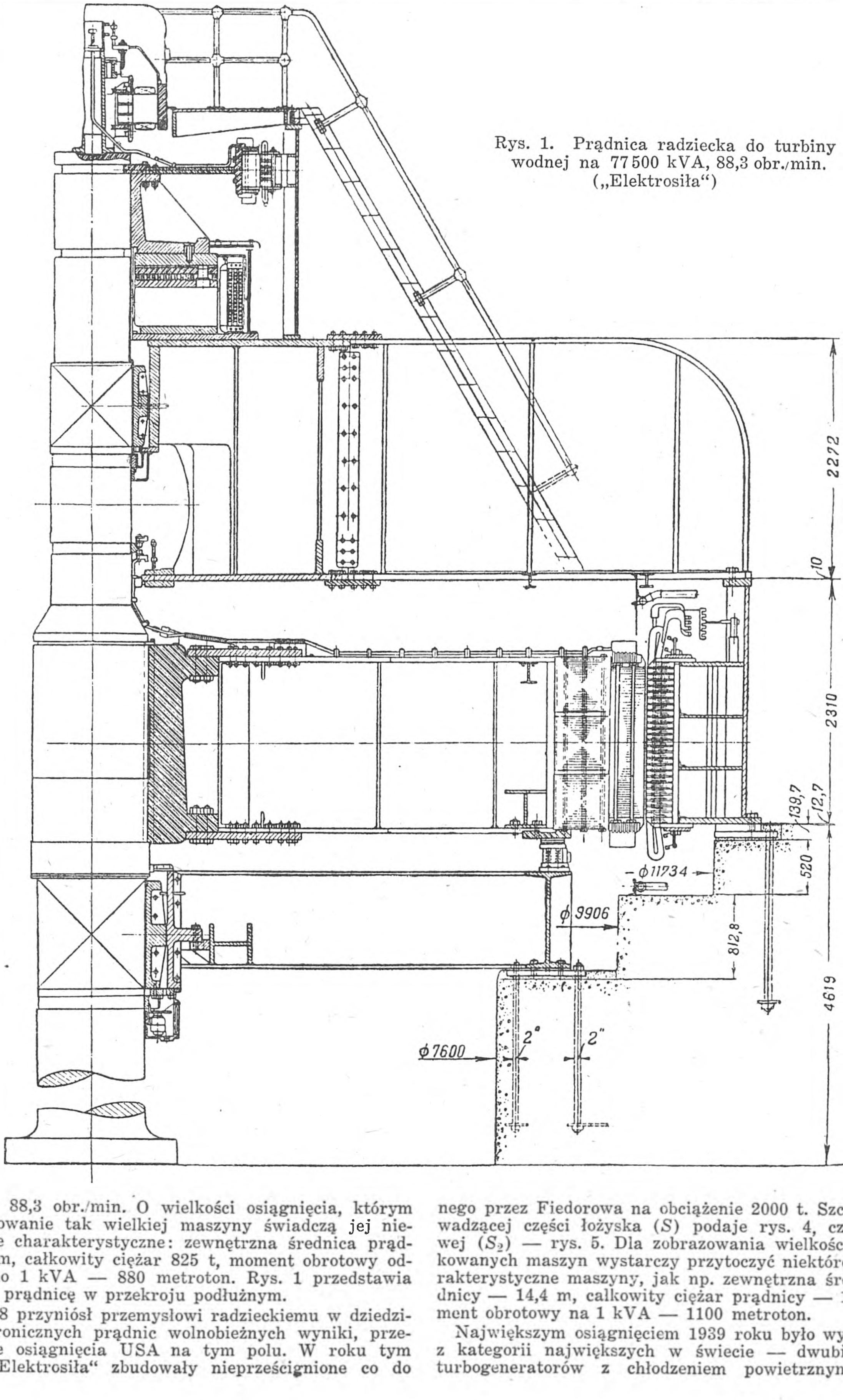
Roboty ziemne będą wykonywać czerpaczki ziemi o wydajności do 1000 m³ ziemi na godzinę, potężne kopaczki o pojemności kadzi 14 m³ itp.

Do przygotowania betonu będą zbudowane zautomatyzowane fabryki z potężnymi mieszadłami. Beton będzie podawany kadziami o pojemności do 3 m³ za pomocą portalowych, strzałowych itp. dźwigów i żurawi.

Na kamieniołomach będą urządzone fabryki do tłuczenia kamienia o wydajności 6 mln. m³ tłucznia rocznie.

Zespoły maszynowe elektrowni kujbyszewskiej i stalingradzkiej będą stanowić unikaty pod względem wymiarów

1932 radziecki przemysł maszyn elektrycznych dorównał przemysłowi USA. W tym bowiem roku zakłady „Elektrosiła" i amerykańska firma „General Electric Co" dostarczyły dla zbudowanej na Dnieprze elektrowni wodnej im. Lenina synchroniczne prądnice o mocy jednostek 77 500 kVA przy 88,3 obr./min. O wielkości osiągnięcia, którym było zbudowanie tak wielkiej maszyny świadczą jej niektóre dane charakterystyczne: zewnętrzna średnica prądnicy 12,6 m, całkowity ciężar 825 t, moment obrotowy odniesiony do 1 kVA — 880 metroton. Rys. 1 przedstawia omawianą prądnicę w przekroju podłużnym.



Rys. 1. Prądnica radziecka do turbiny wodnej na 77 500 kVA, 88,3 obr./min. („Elektrosiła")

Rok 1938 przyniósł przemysłowi radzieckiemu w dziedzinie synchronicznych prądnic wolnobieżnych wyniki, przewyższające osiągnięcia USA na tym polu. W roku tym zakłady „Elektrosiła" zbudowały nieprześcignione co do rozmiarów i wielkości nacisku w łożysku prądnice wodnoturbinowe o mocy 68 750 kVA przy 62,5 obr./min., przeznaczone dla Szczerbakowskiej elektrowni wodnej. Rys. 2 podaje szkic prądnicy, a rys. 3 — rozwiązanie konstrukcyjne pionowego łożyska szyjnostopowego, zaprojektowanego przez Fiedorowa na obciążenie 2000 t. Szczegóły prowadzącej części łożyska (S) podaje rys. 4, części oporowej (S_2) — rys. 5. Dla zobrazowania wielkości wyprodukowanych maszyn wystarczy przytoczyć niektóre dane charakterystyczne maszyny, jak np. zewnętrzna średnica prądnicy — 14,4 m, całkowity ciężar prądnicy — 1200 t, moment obrotowy na 1 kVA — 1100 metroton.

Największym osiągnięciem 1939 roku było wykonanie — z kategorii największych w świecie — dwubiegunowych turbogeneratorów z chłodzeniem powietrznym o mocy

miejscowości i do miasta Krasnowodska. Projektowane jest ułożenie ponad 1000 km wodociągów głównych, urządzenie odpowiednich stacji wodoodbiorczych i przepompowujących, rozdzielczych sieci wodociągowych itp. Zaopatrzenie tych terenów w słodką wodę w dostatecznej ilości całkowicie zmieni warunki życia i da mocny bodziec do rozwoju przemysłu surowcowego i przetwórczego. Organizowanie ośrodków hodowli bydła wzdłuż kanału w Kara-Kumach i prace leśno-melioracyjne umożliwią znaczne powiększenie pogłowia owiec karakułowych, wielbłądów i rogacizny. Wykonanie tych zamierzeń będzie zapewnione przez stworzenie mocnych rezerw karmowych na zawadnianych terenach, przez lepsze, dzięki nawodnieniu, wyzyskanie naturalnych bogactw karmowych i wreszcie bydło znajdzie ochronę przed niepogodą i innymi niekorzystnymi wpływami pustyni.

Nawodnienie 1300 tys. ha terenu przy przeważnie dobrej glebie stworzy warunki dla olbrzymiego przyrostu produkcji rolniczej, a przede wszystkim bawełnicy najlepszych gatunków. W południowej części równiny zachodnio-turkmeńskiej po zbudowaniu głównego kanału turkmeńskiego warunki klimatyczne umożliwią hodowlę roślin podzwrotnikowych — oliwek, palm daktylowych, drzew cytrynowych.

W ten sposób nawodnienie południowych obszarów równiny nadkaspijskiej w zachodniej Turkmenii, nizin nad ujściem Amu-Darii i zachodniej części pustyni Kara-Kumy doprowadzi do jeszcze bardziej intensywnego rozwoju socjalistycznego rolnictwa, budownictwa przemysłowego i kulturalnego w okręgach skwarnych i w jałowej w przeszłości pustyni.

5. Zakończenie.

Olbrzymie znaczenie w sprawie przeobrażenia przyrody ważniejszych okręgów kraju będzie miała budowa największych w świecie zbiorników wodnych na Wołdze, Dnieprze i Amu-Darii. Zbiorniki te o szerokości do 30 km i długości setek kilometrów umożliwią zgromadzenie dziesiątków milionów metrów sześc. wody podczas rozlewów i skierują je w miesiącach letnich przez największe kanały o rozciągłości do 1100 km do nawodnienia zasychających okręgów zawołżańskich, nadkaspijskich w zachodniej Turkmenii, południowo-ukraińskich i północno-krymskich.

Ponad 25 mln. ha żyznej ziemi, cierpiącej od wieków od suszy i wiatrów, otrzymując wodę, przekształcą się w kwitnące pola i sady, bogate pastwiska. Wzdłuż kanałów stworzone będą leśne pasy. Zbudowanie ogromnych tam wysokości do 25 m na Wołdze, Dnieprze i Amu-Darii umożliwi wybitne polepszenie warunków żeglugi na tych największych rzekach, zwiększając wielokrotnie przewozy zboża, drzewa, nafty i innych ważniejszych ładunków. Na tamach będą ułożone nowe drogi kolejowe i samochodowe.

Tempo i skala przewidywanych robót są bez przykładu. Wyznaczone terminy uruchomienia są: dla Kujbyszewa r. 1955, Stalingradu i Kachówki r. 1956, kanałów turkmeńskiego, południowo-ukraińskiego i północno-krymskiego r. 1957.

Największe budowle świata kapitalistycznego — kanały panamski i sueski — były budowane przez 35 i 22 lata. Największe amerykańskie elektrownie wodne w Grand-Coolie na rzece Kolumbia i Boulder-Dam na rzece Kolorado jeszcze nie są ukończone na pełną moc w ciągu dziesięciolecі.

Realizacja budowy w tak krótkim terminie wymaga wielkiej pracy i natężenia organizacji projektujących, naukowo-badawczych i produkcyjnych, a przede wszystkim pracowników ministerstwa elektrowni.

Tysiące specjalistów, robotników i kołchoźników pragną gorąco współdziałać przy budowie węzłów wodnych. Stalinowskie węzły wodne będzie budował cały kraj.

MGR INŻ. WDOWIAK BOGUSŁAW
GIEI

33 lata rozwoju maszyn elektrycznych w ZSRR

T r e ś ć. Przedstawiono etapy rozwoju przemysłu maszyn elektrycznych w ZSRR, podano charakterystykę obecnego stanu przemysłu maszynowego z szerszym uwzględnieniem prądnic do turbin wodnych. Podano opis wystawy „Przemysł elektrotechniczny w ZSRR".

33-летний прогресс в развитии электрического машиностроения в С. С. С. Р. Представлены этапы развития машиностроительной электропромышленности в С. С. С. Р., дана характеристика ее нынешнего состояния с особенным обращением внимания на гидрогенераторы. Дано описание выставки „Электротехническая промышленность в С. С. С. Р."

33 years of progress in electrical machines in the U.S.S.R. A review of the stages of development of the electrical machine industry in the USSR, with characteristics of the present state of this industry and with particular consideration of generators for water turbine drive. A report is given of the exhibition of „The electrotechnical industry in the USRR."

1. Rys historyczny.

Właściwe warunki rozwoju przemysłu elektrotechnicznego w Rosji przyniosła dopiero Wielka Socjalistyczna Rewolucja Październikowa. Przemysł elektrotechniczny w Rosji opanowany był w większości przez obcy kapitał, dysponujący np. w 1913 r. 72,5 milionami rubli, tj. 70% całego kapitału zainwestowanego w przemyśle elektrotechnicznym. Istniejące podówczas fabryki nie były w stanie pokryć zapotrzebowaniu rynku, który musiał korzystać z importu.

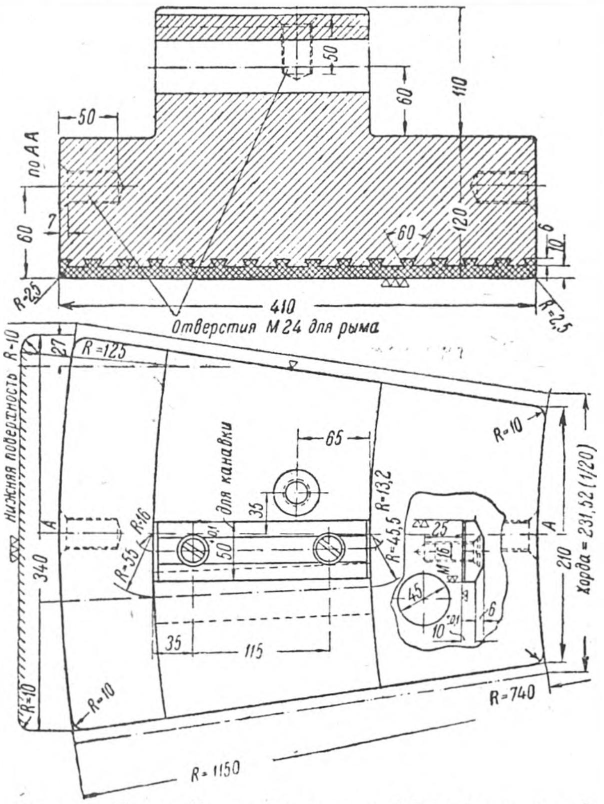
Istotnym bodźcem, który wywołał rozwój przemysłu elektrotechnicznego w ZSRR, był opracowany w 1921 r. Leninowski plan elektryfikacji Związku Radzieckiego z terminem realizacji 10—15 lat. Plan postawił najważniejsze i najpilniejsze wymagania przemysłowi maszyn elektrycznych. Przystąpiono do rozbudowy i przebudowy istniejących fabryk, zbudowano szereg nowych specjalnych fabryk maszyn elektrycznych, wyposażonych w probiernie i laboratoria badawcze. Przy fabrykach powstały biura obliczeniowo-konstrukcyjne. Równolegle z rozwojem przemysłu powstały zakłady i instytuty naukowo-badawcze z Wszechzwiązkowym Instytutem Elektrotechnicznym na czele.

Wielkie i odpowiedzialne prace przy rozwiązywaniu zagadnień, dotyczących obliczania, konstrukcji, produkcji i badania maszyn wirujących i transformatorów, wymagały przeprowadzenia wielostronnych i głębokich studiów naukowo-badawczych zarówno nad zagadnieniami technologiczno-produkcyjnymi, jak i nad całym szeregiem zagadnień teoretycznych. Olbrzymia liczba artykułów w czasopismach ogólnych i naukowo-technicznych, publikacje wyższych szkół elektrotechnicznych i instytutów naukowo-badawczych, liczne monografie i publikacje dotyczące podstawowych zagadnień, a także prace ujmujące z punktu widzenia szkoleniowo-naukowego różne zagadnienia z teorii, produkcji, badania czy eksploatacji maszyn elektrycznych — uzasadniają przodujące miejsce w nauce światowej, osiągnięte przez specjalistów radzieckich w licznych dziedzinach wytwarzania maszyn elektrycznych.

Realizacja planu elektryfikacji ZSRR przyniosła w niespotykanym w historii techniki tempie ogromny wzrost zarówno ilości i rodzaju produkowanych maszyn elektrycznych, jak i zakresu ich mocy i liczby obrotów. W owym okresie powstał szereg nowych działów produkcji maszyn elektrycznych jak np. budowa prądnic do turbin wodnych i parowych, masowa produkcja małych i średnich maszyn prądu stałego i zmiennego.

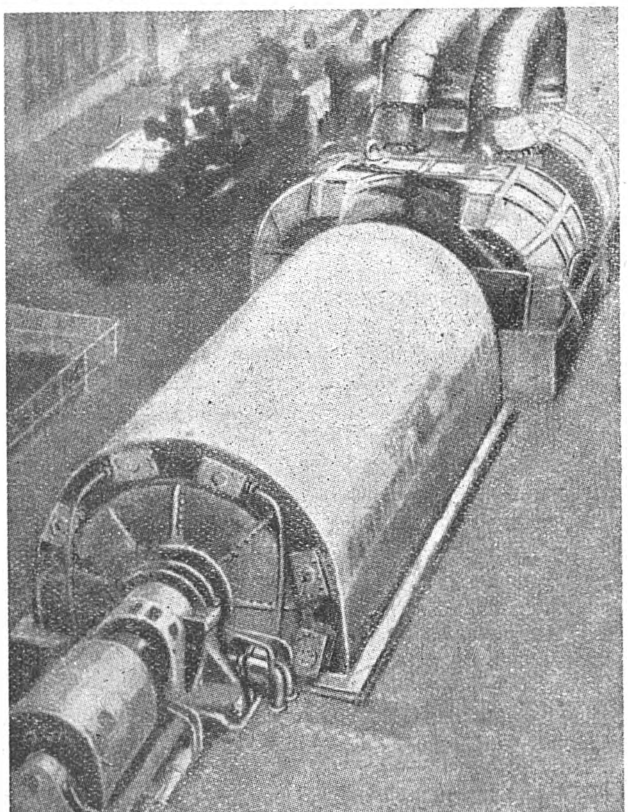
W roku 1927 zakłady „Elektrosiła" im. Kirowa wykonały prądnicę do turbiny wodnej o mocy 8750 kVA przy 75 obr./min. według projektu zespołu konstruktorów radzieckich pod kierunkiem prof. Aleksiejewa. Charakterystyki prądnicy, a następnie również dane z eksploatacji wykazały wyższość prądnicy radzieckiej nad pracującymi razem z nią prądnicami w wykonaniu firm szwedzkich. Należy podkreślić, że w owych czasach omawiane prądnice były największymi maszynami elektrycznymi w Europie. W roku

synchroniczny. Dla potrzeb trakcji elektrycznej Benedikt i Szildiner zbudowali jednofazowe silniki komutatorowe zasilane z sieci o częstotliwości 50 okr./sek. Uczeni Wasiljew,



Rys. 5. Szczegóły części oporowej łożyska z rys. 3
Waga jednego odcinka 136 kg

Josifjan, Sorokier i Szturman pracowali owocnie nad zagadnieniem selsynów i sterowania synchronicznego. Gorjainow, Josifjan, Kulebakin, Monoszon i Raszkowski zajmowali się zagadnieniem wzmacniaczy maszynowych. Wymienione nazwiska nie wyczerpują długiej listy uczonych i racjonizatorów radzieckich, którzy pracą swą oraz wynalazkami i usprawnieniami przyczynili się do wydźwignięcia na wysoki poziom radzieckiego przemysłu budowy maszyn elektrycznych. Najwybitniejsi uczeni i racjonalizatorzy, których osiągnięcia mają podstawowe znaczenie dla nauki i przemysłu maszynowego, zostali laureatami nagrody im. Stalina. Nagrody takie przyznano za zbudowanie prądnic do turbin parowych, stanowiących światowy rekord mocy zawartej w jednostce (100 000 kVA przy 3000 obr./min.); za opracowanie prądnic wielkiej mocy do turbin wodnych, stanowiących światowy rekord pod względem wielkości gabarytu maszyny; za zbudowanie wielkich maszyn elektrycznych prądu stałego; za opracowanie i wprowadzenie do produkcji nowej serii silników asynchronicznych; za prace w dziedzinie transformatorów; za opracowanie konstrukcji wielkich transformatorów prostownikowych.



Rys. 6. Prądnica do turbiny parowej na 125 000 kVA i 3000 obr./min. z chłodzeniem wodorowym („Elektrosiła")

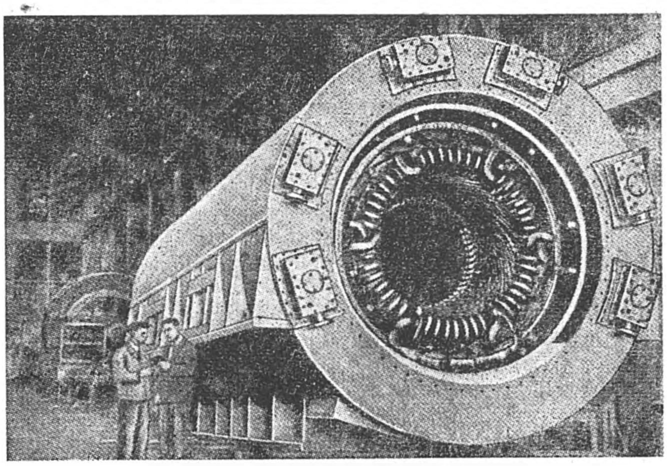
Osiągnięte wyniki dowodzą, że przemysł budowy maszyn elektrycznych dokonał w okresie stalinowskich planów pięcioletnich ogromnego postępu i zajął przodujące stanowisko w świecie, co jest rękojmią jego dalszego rozwoju i wykonania nowych planów na drodze dalszego postępu.

2. Ostatnie osiągnięcia.

Należy zatrzymać się jeszcze na obecnych tendencjach rozwojowych przemysłu oraz jego osiągnięciach doby obecnej.

Jednym z ważniejszych sukcesów przemysłu radzieckiego jest wprowadzenie do produkcji w ciągu ubiegłego roku nowych serii maszyn elektrycznych o lepszych własnościach techniczno-ekonomicznych niż dotychczasowe i przystosowanych lepiej do technologicznych wymagań produkcji masowej.

Nową serię silników asynchronicznych szerokiego użytku o mocy do 100 kW (serie A, AO) wytwarza już szereg



Rys. 7. Stojan prądnicy z rys. 6

zakładów produkcyjnych. Cechą charakterystyczną współczesnych tendencji jest przechodzenie wielu zakładów wytwórczych na produkcję pojedyńczych serii maszyn, przy czym poszczególne zespoły operacji wykonywane są w różnych zakładach w zależności od ich specjalności i wymagań gospodarki narodowej. Zrozumiałe jest, że taki system produkcji możliwy jest tylko w warunkach planowej gospodarki socjalistycznej.

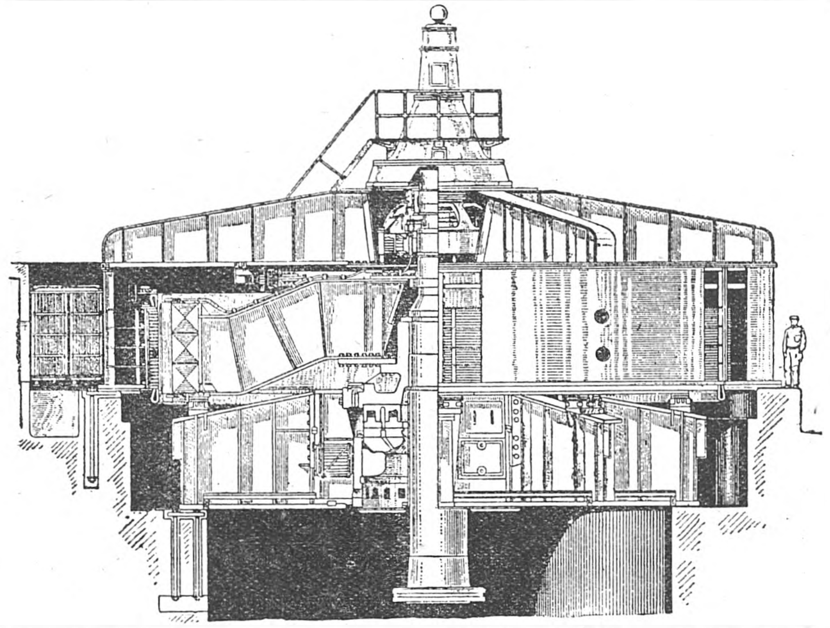
Zakłady „Dynamo" wprowadzają z powodzeniem nową serię silników dźwigowych dla przemysłu metalurgicznego (seria MT) po zaprzestaniu w drugiej połowie 1949 r. produkcji starej serii silników (KT). Zakłady te opracowały i wprowadziły do produkcji również nową serię trakcyjnych silników elektrycznych, obejmującą silniki dla elektrobusów, trolejbusów, wagonów tramwajowych i wagonów szybkiej kolei podziemnej. Skonstruowanie silników tej serii do niezależnego podwieszenia prowadzi do znacznej poprawy charakterystyk eksploatacyjnych taboru.

W dziedzinie przemysłu budowy wielkich maszyn elektrycznych ważnym osiągnięciem jest zbudowanie dla elektrowni wodnej na Dnieprze prądnicy o mocy 103 500 kVA,

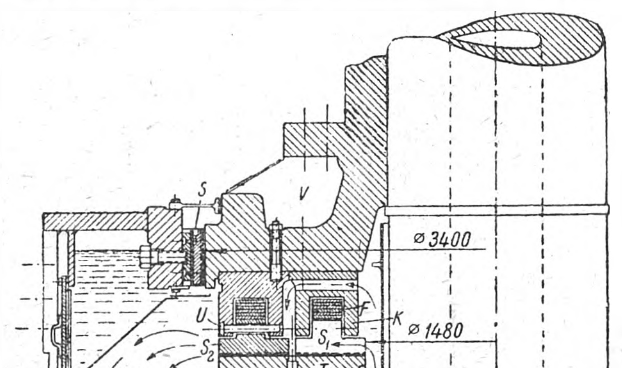
100 000 kW przy 3000 obr./min. W ostatnich latach, po drugiej wojnie światowej, zakłady „Elektrosiła" zbudowały dwubiegunowe turbogeneratory z chłodzeniem wodorowym o mocy 125 000 kVA przy 3000 obr./min. Prądnicę taką przedstawia rys. 6, widok ogólny stojana podaje rys. 7.

Radziecki przemysł budowy maszyn elektrycznych, rozwijając się wskazanymi wyżej etapami, nadrobił w krótkim okresie długoletnie zaniedbanie i braki z okresu przed Wielką Rewolucją Październikową i szybko prześcignął osiągnięcia przemysłu wielu innych krajów, zapewniając należyte i sprawne wykonanie stalinowskich planów pięcioletnich oraz usuwając konieczność importu całego prawie wyposażenia elektrycznego elektrowni łącznie z transformatorami wysokonapięciowymi.

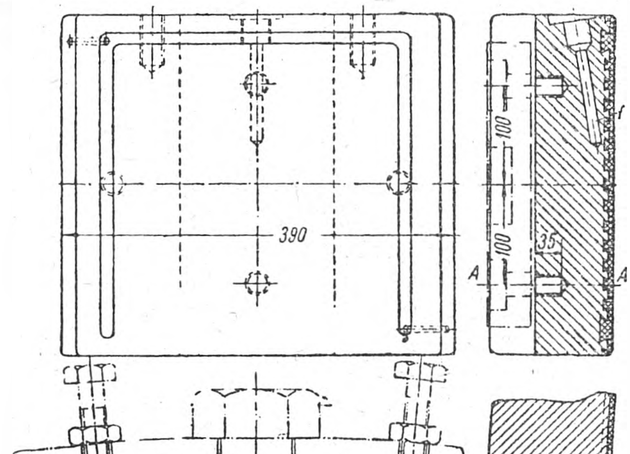
Radziecki przemysł budowy maszyn elektrycznych, opierając się na badaniach instytucji naukowych ZSRR, przy stałej i głębokiej współpracy uczonych i wynalazców z racjonalizatorami i przodownikami pracy, dokonał wielkich osiągnięć na polu udoskonalania konstrukcji i procesów technologicznych w budowie maszyn elektrycznych. Obok wprowadzenia produkcji seryjnej szeroko stosowanych maszyn prądu stałego i prądu zmiennego, obok rozwiniętej produkcji transformatorów oraz prądnic do turbin wodnych i parowych specjaliści radzieccy opracowali zarówno od strony teoretycznej, jak i technologiczno-produkcyjnej szereg maszyn elektrycznych specjalnych. Wypuszczono serię maszyn spawalniczych, opracowaną przez Nikitina; rozpoczęto wytwarzanie maszyn elektrycznych wielkiej częstotliwości na podstawie badań Wołogdina. Prace Ugrimowa i Kostina umożliwiły produkcję prądnic unipolarnych. Kostienko jest twórcą komutatorowej prądnicy skompensowanej z regulacją częstotliwości niezależną od liczby obrotów. Kostienko i Kapica opracowali udarowy generator



Rys. 2. Prądnica do turbiny wodnej na 68 750 kVA, 62,5 obr./min. („Elektrosiła")



Rys. 3. Łożysko szyjnostopowe prądnicy z rys. 2



Rys. 4. Szczegóły części prowadzącej łożyska z rys. 3
Ogółem 24 odcinki. Waga jednego 110 kg

przy tym obciążeniu przez cały okres eksploatacji, ale może swobodnie wytrzymywać to obciążenie w okresach przeciążeń. Tak więc jako znamionowe obciążenie, które prądnica wytrzymać może przez dowolnie długi okres czasu, przyjęto 90 000 kVA. Przytoczone dane znamionowe wskazują, że prądnica ta jest jedną z największych w świecie maszyn tego typu tak co do mocy, jak i wymiarów geometrycznych, uwarunkowanych małą liczbą obrotów zespołu. Nowa prądnica wykonana jest dla elektrowni wodnej na Dnieprze na miejsce zniszczonych w czasie działań wojennych prądnic o mocy 77 500 kVA przy 88,3 obr./min. Rys. 9 przedstawia widok ogólny odbudowanej elektrowni na Dnieprze.

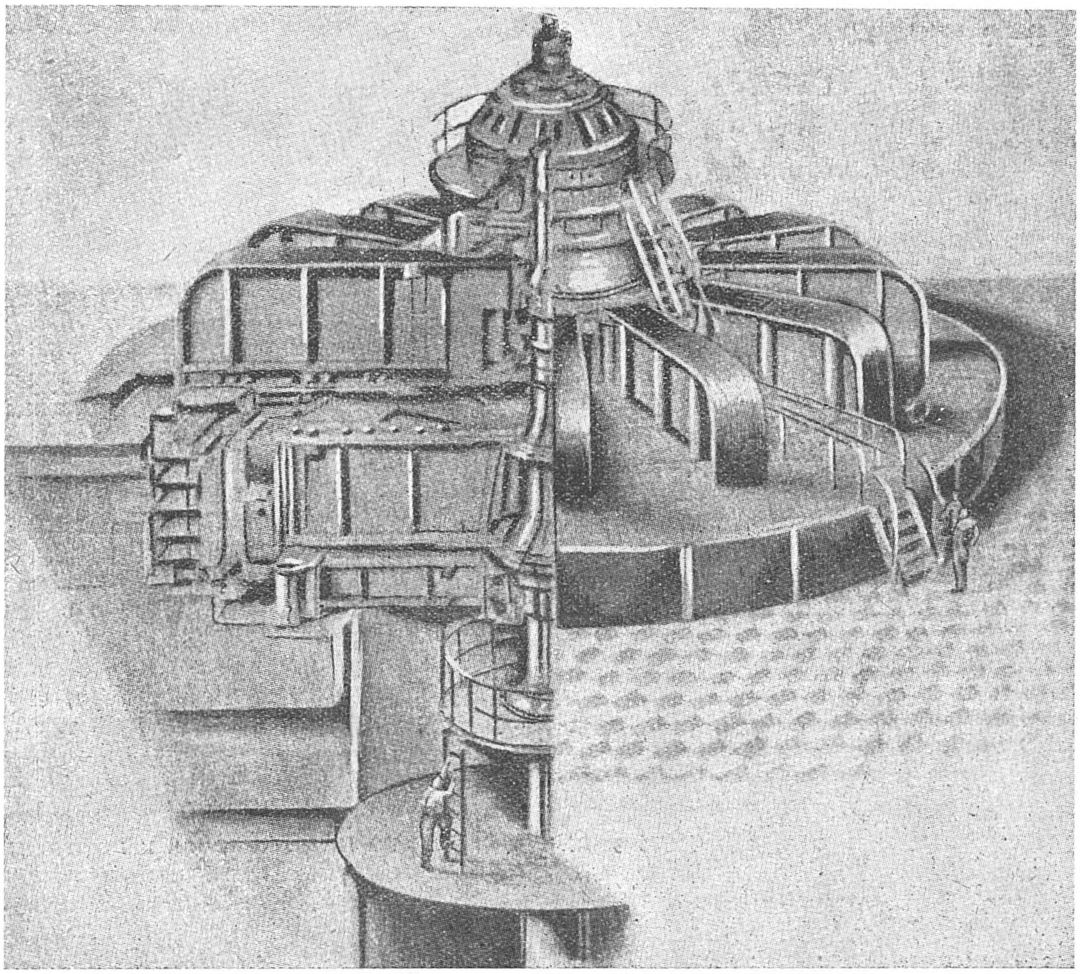
W tabl. I zestawione są niektóre dane porównawcze starej i nowej prądnicy oraz największej w świecie pod względem

Kadłub stojana wykonany jest jako konstrukcja spawana z arkuszy walcowanej stali i przenosi na fundament za pośrednictwem górnej tarczy łożyskowej całe podstawowe obciążenie, pochodzące od ciężaru turbiny, oddziaływania wody, ciężaru wirnika prądnicy oraz ciężaru wierzchniej tarczy łożyskowej.

W celu umożliwienia transportu kadłub, którego średnica zewnętrzna przekracza 13 m, wykonany jest jako konstrukcja dzielona, złożona z sześciu części, łączonych śrubami.

Żelazo czynne stojana składa się z większej liczby segmentów, wytłaczanych z blachy o małej stratności. Każdy segment pokryty jest kilku warstwami wysokowartościowego lakieru izolacyjnego.

Uzwojenie stojana wykonane jest jako dwuwarstwowe prętowe z izolacją na napięcie 13 800 V. W żłobku znajdują



Rys. 10. Ogólny widok prądnicy do turbiny wodnej na 103 500 kVA, 88,3 obr./min. („Elektrosiła")

wymiarów zewnętrznych prądnicy szczerbakowskiej. Nowa prądnica charakteryzuje się między innymi znacznym zmniejszeniem ciężaru zużytego materiału na 1 kVA w porównaniu z prądnicą szczerbakowską, a także pewnym zmniejszeniem tego ciężaru w porównaniu ze starą prądnicą elektrowni wodnej na Dnieprze. Rys. 10 przedstawia szkic nowej prądnicy, dający pewne wyobrażenie o jej rozmiarach i konstrukcji. Dla otrzymania pełnego obrazu tej prądnicy należy zatrzymać się na niektórych szczegółach konstrukcyjnych.

Zespół prądnicy, wykonany w układzie pionowym, typu podwieszonego w łożysku pionowym szyjno-stopowym górnej tarczy łożyskowej, składa się z samej prądnicy, zespołu wzbudnic oraz osadzonej na wspólnym wale prądniczki do zasilania silnika zespołu regulacyjnego turbiny wodnej. Prądnica ma zamknięty obieg powietrza wentylacyjnego, chłodzonego przy pomocy dziesięciu chłodnic umieszczonych wzdłuż zewnętrznej powierzchni stojana. Przewidziana jest również możliwość ogrzewania nagrzanym powietrzem pomieszczenia maszynowego w chłodniejszym okresie czasu.

się tylko dwa pręty, dzięki czemu izolacja od kadłuba gra jednocześnie rolę izolacji międzyzwojowej, co w znacznym stopniu zwiększa pewność izolacji.

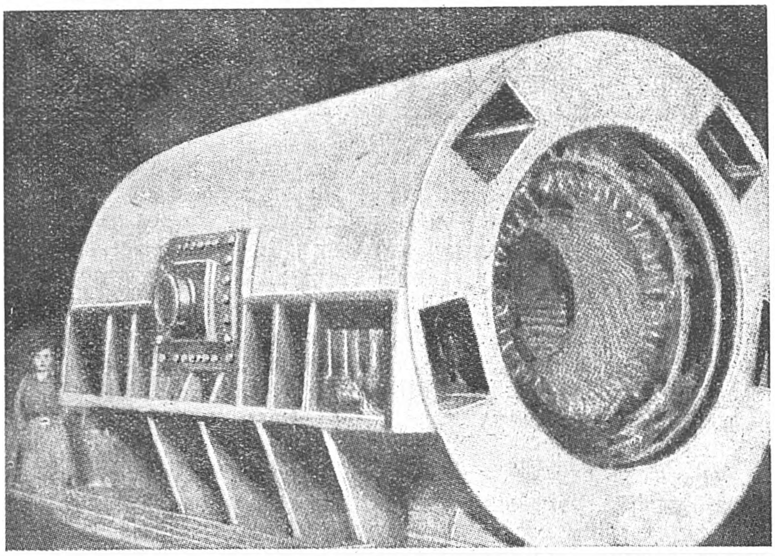
Dla kontroli temperatur umieszczono szereg termometrów oporowych w różnych miejscach uzwojenia i żelaza czynnego stojana.

Ciężar stojana wraz z uzwojeniem wynosi 227 t. Wysokość stojana 3,2 m.

Wał wirnika prądnicy wykonany jest z jednego kawała stali. W stanie obrobionym ciężar wynosi 61 t, długość 10 m, największa średnica 2,3 m. Rys. 11 przedstawia wał prądnicy w trakcie obróbki na tokarni. Pakiety blach biegunów wykonane są z blachy o grubości 1,5 mm. Uzwojenie wzbudzenia wykonane z miedzi gołej, o przekroju prostokątnym, z przekładkami azbestowymi w charakterze izolacji międzyzwojowej. W nabiegunnikach umieszczono uzwojenie tłumiące.

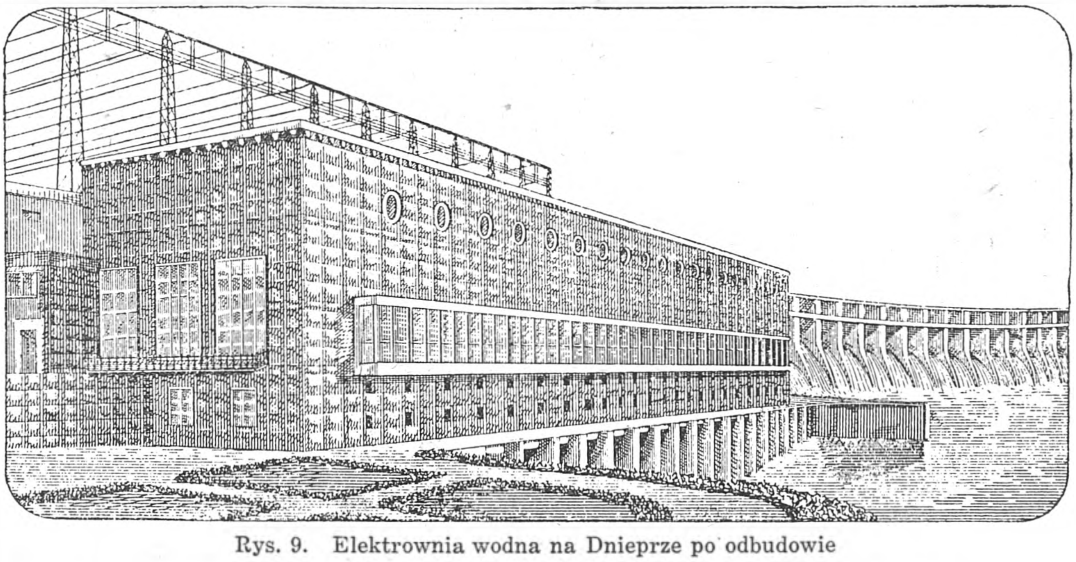
Górna tarcza łożyskowa jest ze względu na przyjętą budowę prądnicy bardzo duża, gdyż podlega obciążeniu

13,8 kV, 83,3 obr./min. Prądnica ta, chociaż ustępuje pod względem wymiarów zewnętrznych, ciężaru i momentu zamachowego największej szczerbakowskiej prądnicy, jednak ze względu na moc i moment obrotowy należy do rzędu największych w świecie. Prądnicę tę wyprodukowały Zakłady „Elektrosiła". W wyniku dalszych prac nad prądnicami do turbin parowych na 3000 obr./min. z chłodzeniem wodorowym zakłady „Elektrosiła" wypuściły maszynę o mocy 50 000 kW. W ten sposób stworzono serię wielkich szybkobieżnych turbogeneratorów z chłodzeniem wodorowym, obejmującą obecnie maszyny o mocy 100 000 kW, 50 000 kW i 25 000 kW. Rys. 8 przedstawia stojan takiej maszyny z chłodzeniem wodorowym o mocy 25 000 kW.



Rys. 8. Stojan turbogeneratora z chłodzeniem wodorowym o mocy 25 000 kW („Elektrosiła")

Spośród ostatnich osiągnięć w dziedzinie maszyn elektrycznych najwięcej uwagi przyciąga nowa prądnica elektrowni wodnej na Dnieprze. Zasadnicze dane tej prądnicy są następujące: moc znamionowa przy pracy ciągłej 90 000 kVA (72 000 kW przy cos φ = 0,8); moc znamionowa przy okresowych przeciążeniach 103 500 kVA (83 000 kW); napięcie 13,8 kV (±5%); prąd twornika 3 765 A; liczba obrotów 83,3 obr./min.; moment zamachowy 39 000 tm^2; największa liczba obrotów 167 obr./min.; pełne obciążenie stopowego łożyska wirnika 1 030 t; sprawność maszyny przy obciążeniu znamionowym 97,8%.



Rys. 9. Elektrownia wodna na Dnieprze po odbudowie

Wśród danych znamionowych zwraca uwagę podanie dwóch rodzajów mocy: mocy znamionowej przy pracy ciągłej i mocy znamionowej przy okresowo występujących przeciążeniach. Moc omawianej prądnicy przy okresowych przeciążeniach wynosi 103 500 kVA, jednak przy tej mocy przyrost temperatury uzwojeń twornika przewyższa nieco wartości dopuszczalne, prądnica więc nie może pracować

Tablica I. Prądnice do turbin wodnych

Elektrownie wodne	Moc	Liczba obrotów	Moment obrotowy na 1 kVA	Średnica zewnętrzna prądnicy	Całkowity ciężar prądnicy	Stosunek ciężaru materiału do mocy
	kVA	obr./min.	metro-ton	mm	t	kg/kVA
Nowa prądnica na Dnieprze	103 500	83,3	1240	13 100	986	9,5
Stara prądnica na Dnieprze	77 500	88,3	880	12 600	825	10,7
Prądnica szczerbakowska	68 750	62,5	1100	14 400	1200	17,4

W zakresie budowy transformatorów na podkreślenie zasługuje trójfazowy transformator trójuzwojeniowy o mocy 60 000 kVA na napięcia 10,5/35/110 kV, wykonany przez Moskiewskie Zakłady Wytwórcze Transformatorów im. W. W. Kujbyszewa.

wierzchni powyżej 1000 m² i obejmuje kilka tysięcy eksponatów wystawionych przez liczne fabryki i instytuty Ministerstwa Przemysłu Elektrotechnicznego.

Dział maszyn elektrycznych obejmuje trzy sale. W jednej z nich znajdują się prądnice elektryczne prądu stałego i zmiennego różnych zakresów mocy. Wśród maszyn specjalnych zwraca uwagę prądnica wielkiej częstotliwości, wykonana przez zakłady „Elektryk", o mocy 60 kW na 2500 obr./sek., zespół o mocy 4 kW na napięcie 24—36 V oraz szereg typów wzmacniaczy elektromaszynowych.

Wśród maszyn małych znajduje się elektrownia kołchozowa o mocy 1 kW na napięcie 110 V oraz prądnice z napędem ręcznym lub nożnym do zasilania małych radiostacji.

Duże prądnice elektrowni okręgowych przedstawione są za pomocą modeli. Jeden z modeli, umieszczony w środku sali, przedstawia w skali 1:10 prądnicę o mocy 77500 kVA dla elektrowni wodnej na Dnieprze. Inny model, wykonany w tej samej skali, to prądnica o mocy 100000 kW przy 3000 obr./min. z chłodzeniem wodorowym.

Następna sala wystawy poświęcona jest przetwarzaniu energii elektrycznej. Znajdują się tutaj różne typy transformatorów energetycznych, transformatory specjalne, transformatory do regulacji napięcia, przekładniki prądowe i napięciowe. Wśród transformatorów dużej mocy ciekawy jest model trójuzwojeniowego transformatora trójfazowego o mocy 60000 kVA na napięcia 10,5/35/110 kV, wykonanego przez Moskiewskie zakłady wytwórcze transformatorów.

Dużo miejsca poświęcono na wystawie działowi prostowników. Eksponaty obejmują szereg prostowników rtęciowych — szklanych i metalowych — dla prądów do 6000 A. Wystawione przekroje prostowników pozwalają zwiedzającym zapoznać się z ich konstrukcją wewnętrzną.

W jednej z następnych sal znajduje się dział silników elektrycznych i automatyki napędowej. Na specjalnym stoisku demonstruje się sterowanie samoczynne silników elektrycznych przy pomocy przekaźników różnych typów. Inne stoisko przedstawia zastosowanie bezstykowych „selsynów" do sterowania na odległość. Duże zainteresowanie budzi dział materiałów izolacyjnych, obejmujący preszpany, ceratki, mikanity, azbest, włókna szklane itp. oraz materiały izolacyjne pochodne.

Wystawa przemysłu elektrotechnicznego ZSRR cieszy się stale niesłabnącym powodzeniem wśród społeczeństwa radzieckiego, spełniając z powodzeniem postawione jej zadania. Warto zaznaczyć, że tylko w ciągu 6 miesięcy 1949 r. odwiedziło wystawę 56000 osób, z czego 60% przypada na studentów i uczniów technicznych szkół zawodowych, którzy mają tutaj możność zaznajomienia się z dotychczasowymi osiągnięciami i planami rozwoju radzieckiego przemysłu elektrotechnicznego.

LITERATURA

Aleksjejew A. E. Konstrukcja elektriczeskich maszyn. Goseniergoizdat, 1949

Babat G. J. Elektriczestwo rabotajet. Goseniergoizdat, 1950

Komar E. G. Turbogeneratory s wodorodnym ochłażdienjem, Goseniergoizdat, 1948

Kostienko M. A. Elektriczeskije maszyny, (cz. spec.). Goseniergoizdat, 1949

Wiestnik Elektropromyszlennosti, 1949, nr 11

Uznano powszechnie, że żadna nauka nie może rozwijać się ani robić postępów bez walki poglądów, bez wolności krytyki.

Nauka, która zerwała łączność z praktyką, z doświadczeniem, — jakaż to jest nauka?

J. Stalin

PROF. DR INŻ. J. L. JAKUBOWSKI
przewodniczący Podsekcji Elektrotechniki

Przegląd historyczny i perspektywy rozwojowe nauk elektrotechnicznych w Polsce

I-szy Kongres Nauki Polskiej, prace Podsekcji Elektrotechniki

Treść. Artykuł, wiążąc się z pracami Podsekcji Elektrotechniki Kongresu Nauki Polskiej, daje historyczny przegląd badań naukowych z dziedziny elektroenergetyki od pierwszej publikacji (o piorunochronach) z XVIII w. do zdobyczy naukowych w Polsce Ludowej. Dalsza część artykułu poświęcona jest wytycznym ogólnopolskiego planu badań naukowych i zawiera dezyderaty w dziedzinie organizacji nauki.

Конгресс польской науки. В связи с работами электротехнического подотдела I-го конгреса польской науки дается в статье исторический обзор польских научно-исследовательских работ в области электроэнергетики — от первой книги (о громоотводах) с XVIII столетия до научных достижений в Народной Польше Дальнейшая часть статьи посвящена плану научных исследований и организационным вопросам.

Congress of Polish Science. The article, dealing with the work of the Electrical sub-section of the Congress of Polish Science, gives a historical review of scientific research in electric power engineering, from the first 18th century publication dealing with lightning conductors to the latest achievements in the People's Poland. The rest of the article is devoted to the recommendations of the general Polish plan of scientific research and contains suggestions as to the organisation of science.

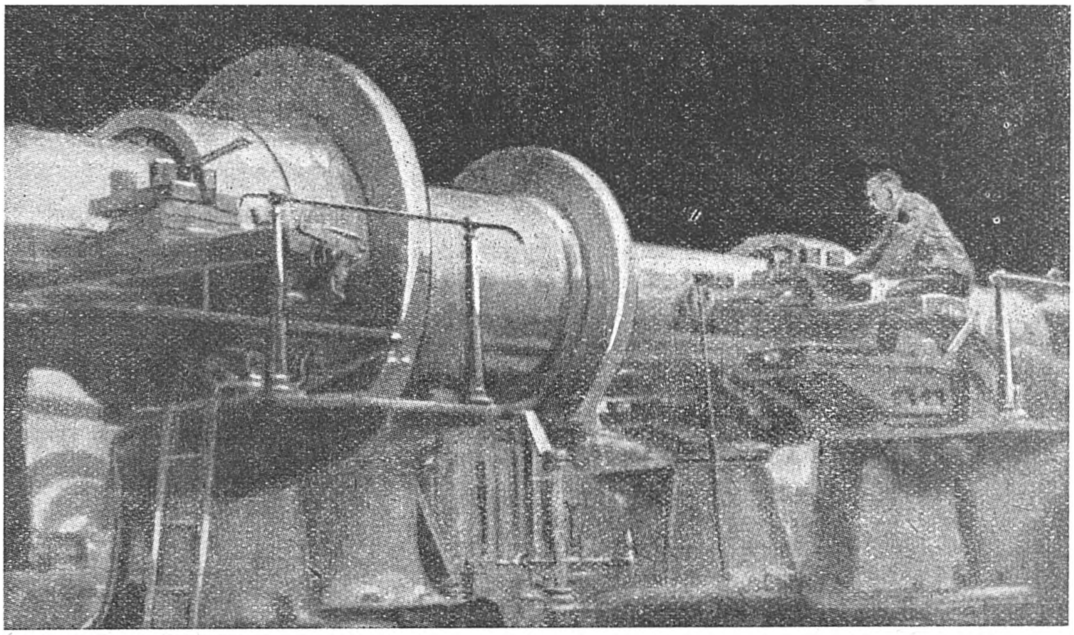
1. Wstęp.

W państwie socjalistycznym typu stalinowskiego cel, który stoi przed nauką, jest zgodny z celami ujętymi przez plany państwowe: jest to jak najszybsze doprowadzenie do dobrobytu ludzi pracy. Oto jak charakteryzuje S. Wawiłow, prezydent Akademii Nauk ZSRR, rolę nauki radzieckiej: „Nauka radziecka udzieliła dużej i różnorodnej pomocy w ogromnie ważnym dziele realizacji stalinowskich planów pięcioletnich. Pomoc ta wyrażała się w opracowywaniu podstaw teoretycznych nowych gałęzi produkcji, w szczegółowym ustalaniu przebiegu procesów technologicznych, w tworzeniu urządzeń automatycznych, w elektryfikacji przemysłu i rolnictwa, w konstruowaniu nowych ważnych typów maszyn przemysłowych i wojskowych, w rozwijaniu nowych i skomplikowanych gałęzi wytwórczości".

W krajach kapitalistycznych nauka jest w służbie kapitału prywatnego lub państwowego. Kapitaliści popierają naukę tylko w takim zakresie, w jakim odpowiada to ich zyskom. Jest to tzw. „czysta" nauka, nauka rzekomo bez celów klasowych. Nauka taka nie dąży do dobra społecznego. Oczywiście, i ona może przyczynić się ubocznie do poprawy warunków życia ludności, ale nie w takim stopniu, jak nauka w kraju socjalizmu, gdzie nauka nastawiona jest wyłącznie na podnoszenie poziomu kultury materialnej i duchowej człowieka pracy. Kierowana jednolitym planem państwowym, koncentrująca świadomie swe dążenia, nauka ta stanowi narzędzie o niespodziewanej potędze. Dowodem tego są choćby gigantyczne przedsięwzięcia Związku Radzieckiego w dziedzinie zmiany przyrody całych połaci kraju, w dziedzinie ujęcia sił wodnych i elektryfikacji.

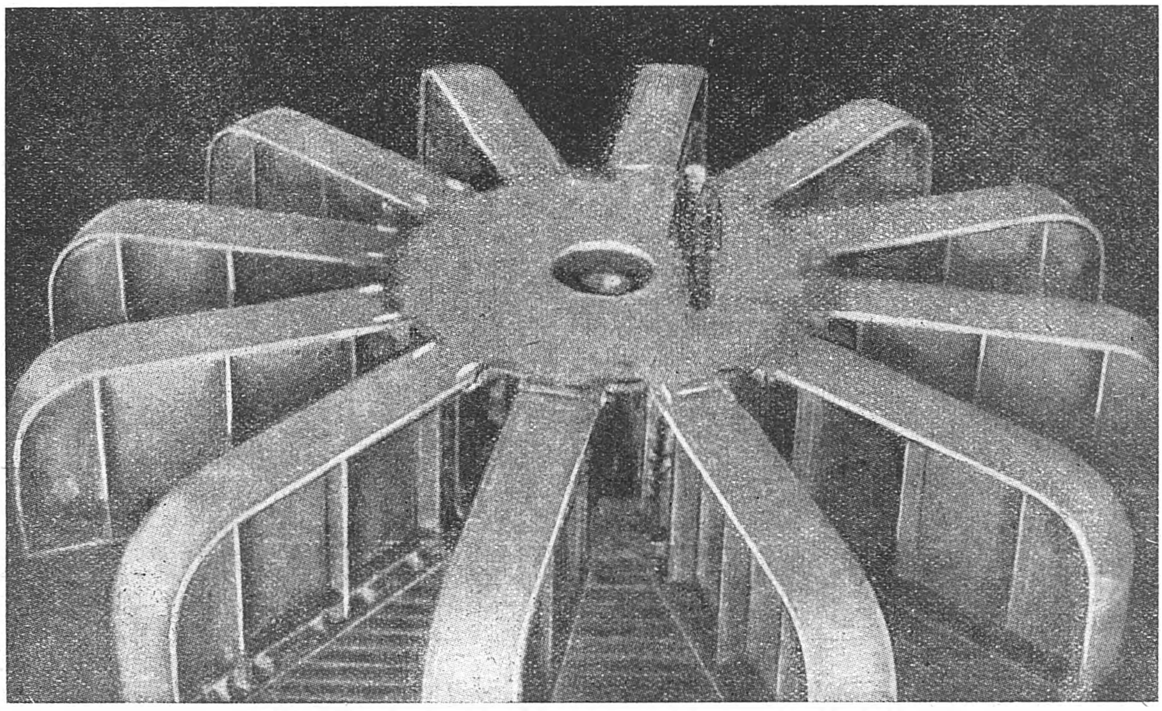
Stosując marksistowską metodę dialektyczną, będącą właściwie jedyną ścisłą metodą rozumowania naukowego, nauka państw socjalistycznych typu stalinowskiego opiera się na wszechstronnym planie ogólnopaństwowym. Plan

pionowemu przewyższającemu ciężar samej prądnicy. Obciążenie tarczy, składające się z oddziaływania strumienia wody, ciężaru wirnika turbiny i ciężaru wirnika prądnicy, wynosi 1100 ton. Rys. 12 podaje widok ogólny tarczy. Część środkowa tarczy stanowi jedną całość o średnicy około 5 m; do niej jest przymocowanych śrubami dwanaście łap.



Rys. 11. Obróbka wału prądnicy (103 500 kVA) na tokarni

Opracowana przez zakład „Elektrosiła" specjalna konstrukcja łożyska szyjno-stopowego dała w wyniku nienaganną pracę łożyska przy przyroście temperatury oleju łożyskowego o 20° mniejszym od przyrostu temperatury oleju w łożyskach analogicznych maszyn konstrukcji amerykańskiej, pracujących również w elektrowni wodnej na Dnieprze.



Rys. 12. Górna tarcza łożyskowa prądnicy na 103 500 kVA

3. Wystawa osiągnięć przemysłu elektrotechnicznego w ZSRR.

W ciągu 33 lat, dzielących nas od wybuchu Wielkiej Socjalistycznej Rewolucji Październikowej, przemysł elektrotechniczny ZSRR kroczył drogą ciągłego rozwoju i wielkich osiągnięć we wszystkich jego dziedzinach. W celu zapoznania szerokich mas obywateli radzieckich z ogromnymi osiągnięciami przemysłu elektrotechnicznego ZSRR i perspektywami rozwoju, jak również dla podkreślenia jego ważnej roli w gospodarce narodowej, życiu codziennym i obronności kraju, Rada Ministrów ZSRR postanowiła w 1947 r. zorganizowanie stałej wystawy pod nazwą „Przemysł elektrotechniczny ZSRR". Wystawa urządzona jest w Muzeum Politechnicznym, w sześciu salach o łącznej po-

Rozenzweig I. Zastosowanie rachunku operatorowego do obliczania stanów nieustalonych, 1939.

W ośrodku warszawskim na pierwszy plan wybija się zespół zorganizowany przez prof. K. Drewnowskiego, którego wielką zasługą jest planowe szkolenie kadr naukowców, odgrywających dziś dużą rolę w życiu naukowym Polski Ludowej. Prof. Drewnowski dążył do utworzenia dużego Instytutu Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć i częściowo myśl tę zrealizował pod postacią politechnicznej pracowni naukowej i probierczej oraz budowy hali najwyższych napięć. Na wyekwipowanie tej hali nie było jednak w Polsce przedwrześniowej środków finansowych. Oto lista prac doktorskich wykonanych w Zakładzie prof. Drewnowskiego:

Dunikowski S. Metoda automatycznej kompensacji napięcia zmiennego, 1933,

Szpor S. Nowe metody badania przebiegu fal uskokowych i wytwarzanych przez nie pól elektrycznych, 1934,

Jakubowski J. L. Nowy układ prostownikowo-pojemnościowy do pomiaru wysokiego napięcia, 1935,

Skowroński J. O przydatności krajowych szkieł do wyrobu izolatorów liniowych, 1937,

oraz prac habilitacyjnych:

Dunikowski S. Przetężenia w urządzeniach elektrycznych prądów zmiennych, 1936,

Szpor S. Nowe rozwiązania w dziedzinie suchych transformatorów miernikowych, 1939,

Jakubowski J. L. Pomiar wysokich napięć probierczych odkształconych, 1937.

Do tych wydawnictw dodać należy publikacje prof. K. Drewnowskiego i współpracowników w kraju i zagranicą (Conférence des Grands Réseaux Électriques, Archiv für Elektrotechnik).

Tematyka wymienionych prac dotyczy głównie miernictwa wysokonapięciowego, a więc zagadnień raczej peryferyjnych w technice wysokich napięć. Badania takie byłyby b. cennym uzupełnieniem prac naukowych, ujmujących najważniejsze problemy wysokonapięciowe w skali potrzeb kraju. Niestety, kapitalistyczny układ stosunków w Polsce nie umożliwiał takich prac fundamentalnych, wymagających dużych nakładów finansowych; stąd zepchnięcie tematyki na tor mniej ważny. To też chociaż badania zespołu prof. K. Drewnowskiego odegrały dużą rolę, jako tematy szkoleniowe, doraźnie gospodarce narodowej dały niewiele. Winę tego ponoszą jednak głównie nie naukowcy, ale sam ustrój kapitalistyczny.

Z innych prac naukowych na wysokim poziomie, wykonanych przez pracowników Politechniki Warszawskiej, wymienić należy prace prof. W. Pogorzelskiego z teorii pola elektrycznego i potencjału oraz działalność Zakładu Fizyki, prowadzonego przez prof. M. Wolfkego. Z tego zakładu wyszły dwie prace doktorskie:

Pawlikowski J. Badania nad wielogrupowością elektronów w łuku rtęciowym w niskich ciśnieniach, 1933,

Wachowski S. Nowa metoda ilościowa badania zwierciadeł wklęsłych, 1935.

Z dyskusji o charakterze naukowym najgorętsza była na łamach Przeglądu Elektrotechnicznego w latach 1933, 1934 i 1935 dyskusja, dotycząca sprawy jednostek elektrycznych (S. Fryze, W. Pogorzelski, C. Rajski). Należy podkreślić dużą wartość mobilizacyjną tej dyskusji, mimo iż niestety dotyczyła zagadnienia z dziedziny elektrotechniki teoretycznej raczej peryferyjnego, podczas gdy zagadnienia główne były mało opracowywane.

Z prac na polu elektrotechniki i matematyki stosowanej należy wymienić prace B. Konorskiego z nomografii, ze specjalnym zastosowaniem w elektrotechnice (podręcznik w wydaniu Springera).

W dziale badań oświetleniowych zaznaczenia godne są prace Zakładu Fizyki Doświadczalnej U. W., wykonane dla Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej. Prace te dotyczyły fotometrii subiektywnej (ekrany rozpraszające) i obiektywnej (ogniwa fotoelektryczne).

Na terenie zagranicznym prace polskich naukowców stały się znane w dużej mierze dzięki referatom na sesje wzmiankowanej wyżej Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci (19 referatów w okresie międzywojennym).

Przemysł — mimo silnie nurtujących w nim prądów reakcyjnych — w dwóch przypadkach stworzył warunki dla przejawienia się myśli naukowo-technicznej. Mam tu na myśli Fabrykę Aparatów Elektrycznych K. Szpotańskiego oraz Fabrykę Maszyn Elektrycznych Elektrobudowę. Najważniejszą rolę odegrał w tej dziedzinie zespół konstruktorski z drem S. Szporem na czele. Zespół ten zarówno wyszkolił szereg zdolnych konstruktorów, jak i opracował kilka oryginalnych konstrukcji na podstawach naukowych (przekładniki wysokonapięciowe, bezpieczniki do odgromników).

W innych dziedzinach przemysłu było bez porównania gorzej; panowała tu dyktatura obcych koncernów, które badania naukowe prowadziły zagranicą, a fabryki polskie chciały traktować raczej jako montownie, w najlepszym razie jako wytwórnie pracujące na podstawie zagranicznych rysunków konstrukcyjnych. Koncerny nie miały skrupułów; często świadomie nawet hamowały rozwój techniki, czego przykładem są np. żarówki, które celowo produkowano o złej jakości, aby zwiększyć zyski kapitalistów. Nic więc dziwnego, że wskutek polityki koncernów prawie wszystkie fundamentalne badania naukowo-techniczne w Polsce leżały odłogiem (napędy elektryczne, konstrukcja przyrządów pomiarowych, kable, elektrotermia, oświetlenie).

To, co powiedziano wyżej o przemyśle, dotyczy także instytucji elektroenergetycznych. Poza laboratorium elektrowni w Gródku nie spotykamy się tutaj z tendencją do prac naukowych. Inicjatywa inż. A. Hoffmanna badania laboratoryjnego izolacji linii wysokiego napięcia, jak również badań sieciowych była na owe czasy pod względem technicznym postępowa. Niestety, była ona osamotniona i nie doprowadziła do rezultatów w skali ogólnokrajowej.

Specjalna karta historii badań naukowych w Polsce należy się Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. SEP starał się stworzyć podstawę do rozwoju przemysłu i badań naukowych. Przy zakrojonych na dużą skalę pracach normalizacyjnych wypadało rozwiązać naukowo niejedno zagadnienie. SEP ponadto stworzył własne laboratorium Biura Znaku Przepisowego (kierownik dr J. Skowroński), które oprócz bieżącej kontroli sprzętu instalacyjnego prowadziło prace naukowe.

Przechodząc do zagadnienia naukowej literatury elektrotechnicznej, stwierdzić należy, że — poza wymienionymi wyżej pracami doktorskimi i kilku publikacjami w czasopismach — była ona w okresie międzywojennym nad wyraz uboga (zaledwie kilka oryginalnych pozycji naukowych w Przeglądzie Elektrotechnicznym). Ponadto uderza duży brak podręczników na poziomie akademickim. Oto wszystkie pozycje (książki drukowane z pominięciem skryptów):

1. Podoski R. Tramwaje i koleje elektryczne, 1922, (440 str.),
2. Wysocki S. Obliczanie przewodów elektrycznych, 1923, (324 str.),
3. Drewnowski K. Układy i materiały izolacyjne wysokiego napięcia, 1927, (164 str.),
4. Wysocki S. Obliczanie słupów elektrycznych, 1927, (146 str.),
5. Pożaryski M. Naukowe podstawy elektrotechniki, wyd. II, 1927, (375 str.),
6. Pożaryski M. Pomiary elektryczne w technice, 1928, (158 str.),
7. Pożaryski M. Maszyny elektryczne i prostowniki, 1930, (302 str.),
8. Monkiewicz T. Maszyny komutatorowe prądu zmiennego, 1933 (256 str.),
9. Staniewicz L. Teoria prądów zmiennych, 1935, (464 str.),
10. Jezierski E. Transformatory, 1935, (268 str.),
11. Morawski J. Sieci elektryczne i współpraca elektrowni, 1936, (609 str.),
12. Jakubowski J. L. Aktualne zagadnienia techniki wysokich napięć, 1939, (349 str.).

Podręczniki te nie obejmowały całego zakresu wiedzy elektrotechnicznej; z szeregu dziedzin (maszyny elektryczne, ochrona przetężeniowa, napędy itd.) brak ich zupełnie. Podręczniki były drukowane często w ilości tylko kilkuset egzemplarzy, a po zestarzeniu się nie wychodziły nowe wydania. Utrudniało to wychowanie nowych kadr technicznych, które szkoliły się na literaturze niemieckiej; stąd wielki wpływ techniki niemieckiej, dyskontowany przez kapitał niemiecki, lokujący wytwory swego prze-

ten stara się uwzględnić możliwie wszystkie zależności społeczne, gospodarcze i techniczne. Nic więc dziwnego, że Polska Ludowa, krocząc po drodze do socjalizmu, pierwszy rok planu 6-letniego rozpoczęła od planowego zorganizowania nauki. I Kongres Nauki Polskiej, który odbędzie się na początku 1951 r., ma właśnie na celu „ustawienie" naszej nauki na nowych torach.

Prace Kongresu przygotują grunt dla wielkiego planu, obejmującego wszystkich naukowców polskich i to zarówno planu 6-letniego, jak i planu perspektywicznego, na dalszą przyszłość. Zgodnie z zasadami dialektyki plan musi być poprzedzony szczegółowymi studiami rozwoju historycznego nauki w Polsce oraz jej stanu obecnego. Plan ten musi ponadto harmonijnie łączyć się z ogólnym planem społecznym i gospodarczym naszego Państwa.

Same obrady Kongresu odbędą się w przyszłym roku i będą trwały tylko kilka dni. Obrady te będą zakończeniem pracy koncepcyjnej, która odbywa się od szeregu miesięcy. Sekcje i Podsekcje Kongresu, skupiające najaktywniejszych naukowców, opracowują referaty, będące próbą rozwiązania zadań, postawionych przez Kongres. Do tej pracy wciągnięte są bezpośrednio lub pośrednio liczne zastępy pracowników nauki. Referaty Podsekcji mają być już przed Kongresem podstawą dyskusji, w naszym przypadku szerokich kół elektrotechników (specjalne zebrania odczytowe SEPu).

W dziedzinie nauk elektrotechnicznych organem Kongresu jest Sekcja Energetyki i Elektrotechniki (przewodniczący prof. dr J. L. Jakubowski, referent mgr B. Witwiński), dzieląca się na 3 Podsekcje: Energetyki, Elektrotechniki, Telekomunikacji.

W skład Podsekcji Elektrotechniki wchodzą koledzy: prof. dr B. Dubicki, prof. dr J. L. Jakubowski (przewodniczący), prof. dr B. Konorski, prof. dr J. Skowroński, prof. W. Szumilin, prof. dr L. Szklarski, prof. dr St. Szpor.

Niniejszy artykuł jest poświęcony pracom Podsekcji Elektrotechniki. Podsekcja ta odbyła szereg zebrań oraz zorganizowała następujące grupy problemowe, które zajmują się węższymi dziedzinami elektrotechniki:

Elektrotechnika teoretyczna (prof. dr B. Konorski, prof. W. Günther),

Miernictwo elektryczne (prof. dr K. Idaszewski, prof. W. Iwaszkiewicz),

Maszyny i napędy, łącznie z elektrotechniką górniczo-hutniczą, samochodową itd. (mgr J. Lando, prof. dr W. Kołek, prof. dr L. Szklarski),

Technika wysokich napięć, wielkich prądów, przyrządów rozdzielczych, elektrotechnika medyczna (prof. dr St. Szpor, prof. dr J. Skowroński),

Elektrotermia (mgr T. Schwartz, mgr B. Sochor),

Oświetlenie (mgr T. Oleszyński).

Ponadto referat problemowy z dziedziny historii elektrotechniki opracował prof. K. Drewnowski.

Zagadnienia elektrowni i sieci zostały przejęte przez Podsekcję Energetyki, a zagadnienia trakcji elektrycznej przez Podsekcję Trakcji Komunikacyjnej.

Członkowie grup problemowych objechali większość ośrodków naukowych, zapoznali się z ich pracami i poglądami pracowników naukowych oraz opracowali pomocnicze referaty problemowe. Niniejszy artykuł opiera się właśnie na tych referatach, nie stanowi on jednak referatu Podsekcji Elektrotechniki, lecz jest tylko podkładem dyskusyjnym do tego referatu.

2. Badania naukowe elektrotechniczne od początku do drugiej wojny światowej.

Historia nauki o elektryczności i nauki o zastosowaniu elektryczności, tj. elektrotechniki, sięga XVIII stulecia. Pierwszą publikacją elektrotechniczną w Polsce jest książka ks. Osińskiego Józefa z 1784 r. Oto jej pełny tytuł: Osiński J. H. Sposób ubezpieczający życie y majątek od Piorunów. Warszawa, 1784 r. (str. 52)

Rozprawa ta napisana jest pięknym polskim językiem, posiada dobrze przemyślaną terminologię i zawiera wiele myśli oryginalnych. Posiada ona cechy pracy naukowej.

Wiek XIX przynosi szereg pozycji literatury z dziedziny nauki o elektryczności (głównie podręczników fizyki) o mniejszej wadze. Współczesna elektrotechnika, rozpoczynająca się od przełomowych prac Maxwella i Hertza, posiada na przełomie XIX i XX w. karty, będące wkładem Polaków. Są to prace naukowe R. Pollaka, A. Rotherta i I. Mościckiego. Ze względu na niemożność prowadzenia studiów naukowych w kraju wszystkie te prace powstały zagranicą.

R. Pollak zapisał się w historii elektrotechniki jako twórca nowego „zadziorowego" typu akumulatorów ołowianych oraz nowego sposobu formowania akumulatorów. Ponadto w r. 1895, a więc na 2 lata przed Grätzem, stworzył pierwszy prostownik elektrolityczny. Prostownik ten w literaturze zagranicznej nosi nazwę prostownika Grätza, co jest wyrazem tendencji pomijania wkładu Polaków do nauki. Pollak był obdarzony wszechstronnym umysłem, czego dowodzi opatentowanie około 100 pomysłów z różnych dziedzin techniki.

A. Rothert był pierwszym polskim naukowcem z dziedziny maszyn elektrycznych. Jego nowa teoria oddziaływania twornika (r. 1895), była przez wiele lat podstawową, jako tzw. metoda Rotherta.

Prace I. Mościckiego (początek bieżącego stulecia) dotyczyły przebicia krawędziowego dielektryków, strat w dielektrykach i ochrony przepięciowej (koncepcja stosowania ochronników kondensatorowych i zaworowych). Był on twórcą obecnie już nieużywanych kondensatorów, znanych w literaturze jako kondensatory Mościckiego.

Prace Pollaka, Rotherta i Mościckiego były opublikowane w literaturze zagranicznej.

Na początku XX stulecia zjawiają się również pierwsze polskie podręczniki na poziomie akademickim. Są to:

Merczyng H. Teoria prądu elektrycznego, 1905 (str. 92),

Silberstein L. Elektryczność i magnetyzm, 1908/10/11, (3 tomy),

Drewnowski K. Pomiary elektrotechniczne, 1914 (str. 215),

Pożaryski M. Naukowe podstawy elektrotechniki, 1915, (str. 415).

Możliwości twórczej pracy naukowej w kraju, zwłaszcza pracy nie tylko teoretycznej, ale i eksperymentalnej, zjawiają się dopiero po pierwszej wojnie światowej, po odzyskaniu własnej państwowości (okres międzywojenny).

Niestety, w okresie międzywojennym badania naukowe elektrotechniczne były hamowane przez kapitalistyczny ustrój kraju. Państwo nie finansowało nauki, nie łożył na nią i przemysł prywatny, znajdujący się w dużej części w rękach obcych. Kapitał obcy celowo unikał prowadzenia badań naukowych w Polsce, bojąc się, że wyrabiający się przy tych badaniach naukowcy mogą stworzyć przemysł konkurencyjny.

Mimo tak trudnych warunków nieliczne grupy naukowców polskich starały się nie opuszczać rąk. Ludzie ci grupowali się głównie przy obu politechnikach oraz w biurach konstrukcyjnych niektórych fabryk.

W zespole Politechniki Lwowskiej na pierwszy plan wybija się postać prof. dra W. Krukowskiego. Uczony ten zyskał sławę europejską dzięki rozprawie pt. „Przebiegi w tarczy licznika indukcyjnego i kompensator prądu zmiennego, jako urządzenie pomiarowe do ich badania", 1920, 60 str. (w języku niemieckim) oraz dzięki podręcznikowi pt. „Grudzüge der Zählertechnik"), wydanie Springera, 1930 (521 str.) podstawowemu w literaturze światowej. Szczery demokrata, potrafił połączyć głęboką wiedzę ze służbą dla narodu. Przed wojną i w czasie wojny nieraz czynem dawał wyraz swym postępowym poglądom, a swe oddanie dla idei wolności i podstępu przypieczętował bohaterską śmiercią z rąk siepaczy hitlerowskich. Ta świetlana postać wielkiego demokraty i uczonego będzie drogowskazem dla przyszłych pokoleń polskich naukowców.

Na drugim miejscu w ośrodku lwowskim stoją prace prof. dra S. Fryzego z dziedziny elektrotechniki teoretycznej, zwłaszcza dotyczące mocy przebiegów niesinusoidalnych (publikacje krajowe i zagraniczne w ETZ).

W 20-leciu międzywojennym wykonano we Lwowie cztery prace doktorskie:

Fryze S. Zastosowanie metody symbolicznej w elektrotechnice, 1920,

Nowacki P. Obliczanie linii dalekosiężnych metodą wykresów kołowych ze specjalnym uwzględnieniem torów zamkniętych, 1937,

Smolański A. Obliczanie prądów błądzących w trakcji kopalnianej, 1938,

i z Warszawy:

Hampel R. O pewnych zastosowaniach równań całkowych do teorii elektryczności i w ocenie jąder iterowanych (1950) oraz publikacje książkowe:

Konorski B. Podstawy elektrotechniki (Podręcznik Inżyniera Elektryka, 1947 (200 str.),
Konorski B. Układy jednostek elektrycznych i magnetycznych w ich historycznym rozwoju, 1948 (22 str.),
Konorski B. Podstawy elektrotechniki, t. I, 1950 (512 str.).

Z zapoczątkowanych zamierzeń wydawniczych zanotować należy opracowywanie dwóch podręczników akademickich z elektrotechniki teoretycznej (zespół łódzki i gliwicki). Cechą charakterystyczną tych zamierzeń jest przewidziana metoda pracy zespołowej: każdy z tych podręczników będzie opracowany przez cały zespół naukowców. Jest to metoda, która pozwoliła na olbrzymi rozkwit nauki radzieckiej. Zespół łódzki pod kierunkiem prof. dra B. Konorskiego będzie kontynuował na poziomie magisterskim jego podręcznik, którego tom I (na poziomie inżynierskim) wyszedł już z druku. Zespół gliwicki pod kierunkiem prof. dra S. Fryzego również zapoczątkował swoje wydawnictwo pod postacią opublikowania rozdziału „Rachunek operatorowy" (autor mgr S. Węgrzyn). Niestety, oba zespoły pracują niezależnie, bez porozumienia. Praca jest dublowana, gdy przy wspólnym wysiłku polska młodzież akademicka prędzej miałaby niezbędny podręcznik. Jest to przykład — analogicznego do przedwojennego — braku planowania w nauce.

Brak planu prac w skali państwowej jest w dziedzinie elektrotechniki teoretycznej specjalnie dotkliwy. Zamierzenia katedr nie obejmują najważniejszych potrzeb kraju, a często zbaczają na zagadnienia peryferyjne, mniej ważne.

Z nowowprowadzonych po wojnie tematów wymienić należy badania na modelach elektrycznych (Politechnika Łódzka), dziedzinę u nas prawie nieznaną (tylko jeden temat opracowywany w GIElu), a bardzo wysoko postawioną w Związku Radzieckim. Metodami tymi określa się różnego rodzaju wielkości nieelektryczne na modelach elektrycznych, np. naprężenia konstrukcji mostowych.

Miernictwo elektryczne

W dziale tym zanotować należy pracę habilitacyjną:

Jabłoński B. Matematyczna teoria obwodów elektrycznych przyrządów mierniczych (str. 360) 1948.
oraz nowe podręczniki:

Jabłoński B. Miernictwo elektryczne (Podręcznik Inż. El.), 1947 (233 str.),

Jakubowski J. L. Miernictwo wysokonapięciowe (Podręcznik Inż. El.) 1947, (49 str.).

Po wojnie nie opublikowano prac naukowo-badawczych.

Oprócz placówek politechnicznych w pracach naukowych bierze udział Zakład Miernictwa GIElu i Oddział pomiarów elektrycznych Głównego Urzędu Miar. Tylko te placówki mają większą liczbę przyrządów pomiarowych o wysokiej jakości. Placówki politechniczne posiadają natomiast przeważnie wyposażenie dydaktyczne, co utrudnia pracę naukową.

Rozdział prac między zakłady politechniczne, GIEl i GUM nie jest dotychczas dokonany; nie wszędzie wysunięto tematy najważniejsze dla gospodarki narodowej na plan pierwszy. W szczególności brak właściwego ujęcia zagadnienia pomiaru wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi oraz pomiarów zdalnych.

Z ciekawszych tematów, będących wyrazem ścisłego powiązania z przemysłem, wymienimy dwa: badanie pracy dźwigu drobnicowego metodami elektrycznymi (Gdańsk) oraz metody elektryczne profilowania odwiertów geologicznych (Kraków).

Ogólnie biorąc, poziom elektrotechniki pomiarowej w Polsce w okresie powojennym znacznie się podniósł. Świadczy o tym np. szerokie stosowanie oscylografów katodowych (np. we wszystkich laboratoriach GIElu) oraz wykonanie w kraju kilku analizatorów prądu stałego i zmiennego do obliczania sieci.

Osobną pozycję stanowi Państwowa Nagroda Naukowa 1-go stopnia przyznana prof. M. Jeżewskiemu i L. Szklarskiemu za układ pomiarowy do badania lin stalowych. Jest to właśnie jedna z prac wielkiego działu pomiarów wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi.

Maszyny i napędy elektryczne

Po wojnie wykonano następujące prace doktorskie:

Dubicki B. Nowa metoda obliczania małych silników jednofazowych komutatorowych (1945),

Kołek W. Połączenia wyrównawcze uzwojeń mieszanych (1946),

Kurzawa S. Ogólne ujęcie wykreślne generatora synchronicznego pracującego równolegle — na sieć sztywną (1948).

Z wydawnictw podręcznikowych można zanotować:

Dubicki B. Maszyny elektryczne (Podręcznik Inż. Elektryka), 1948 (218 str.),

Dubicki B. Maszyny elektryczne, t. I. Prąd stały, 1949 (261 str.),

Jezierski E. Transformatory, t. I, 1949 (149 str.).

Prace naukowe prowadzone są w Politechnikach, Akademii Górniczej i GIElu. Wyposażenie do badań naukowych wszystkich tych placówek jest słabe. Niektóre zakłady posiadają bardzo bogaty program w planie 6-letnim, np. Wrocław, mający 25 tematów; inne dopiero myślą o planowaniu. Tematy są ściśle związane z planami odpowiednich resortów gospodarczych. Zakład Maszyn Politechniki Warszawskiej nie prowadzi prac naukowych, gdyż wszyscy jego pracownicy są jednocześnie w GIElu, mającym lepsze wyposażenie naukowe. Stwierdzono w bardzo wielu przypadkach dublowanie tych samych tematów przez różne placówki. Utworzenie planu ogólnopaństwowego na tym odcinku jest specjalnie pilne.

Zupełnie brak w Polsce katedr, poświęcających się tak ważnemu zagadnieniu, jak napęd elektryczny. Odpowiednie ośrodki winny być co najmniej w dwóch politechnikach.

Materiałoznawstwo. Wysokie napięcia. Wielkie prądy. Przyrządy rozdzielcze. Elektrotechnika medyczna

Powojenny dorobek naukowy jest jeszcze szczupły. Zaczynają się ukazywać krótkie publikacje z prac GIElu. Ogłoszono oryginalne prace o przepięciach i skutkach pioruna (S. Szpor, Conférence des Grands Réseaux Électriques).

Z podręczników akademickich należy wymienić:

Jakubowski J. L. Wytrzymałość dielektryczna (Podręcznik Inż. Elektryka), 1948 (108 str.).

Grupa problemowa zgłasza tutaj konkretną propozycję rozdziału tematyki:

1) Materiały elektrotechniczne. Tę wielką dziedzinę reprezentuje obecnie prawie wyłącznie GIEl oraz Politechnika Wrocławska. Wydaje się, że inne zakłady będą powołane raczej do prac uzupełniających w mniejszym zakresie.

2) Układy izolacyjne oraz izolatory. Wobec bardzo obfitej i różnorakiej problematyki prace powinny rozwijać się nie tylko w GIElu, lecz również w kilku zakładach uczelnianych.

3) Odgromniki i ochrona odgromowa. Prace te są bardzo pilne. GIEl prowadzi badania nad odgromnikami zaworowymi. Pożądane są prace nad odgromnikami wydmuchowymi. Politechnika Gdańska robi przygotowania w tej dziedzinie. Wobec bogatej tematyki pożądany jest udział jeszcze innych zakładów.

4) Przepięcia, piorun. Skupienie uwagi na pilniejszych potrzebach opóźnia prace z tej dziedziny, prowadzone w Politechnice Gdańskiej. Wydaje się, że badania nad przepięciami łączeniowymi i ziemnozwarciowymi powinny być co najmniej zapoczątkowane w planie 6-letnim.

5) Kable. Poza zapowiadającymi się możliwościami w Akademii Górniczej w Krakowie nie widać na razie placówek naukowych, zajmujących się tą ważną dziedziną.

6) Kondensatory. Prace nad kondensatorami do poprawy współczynnika mocy i kondensatorami wysokonapięciowymi są zapoczątkowane przez GIEl we Wrocławiu.

7) Wielkie prądy i łączniki. Dotychczasowy brak zwarciowni był dotkliwą przeszkodą rozwoju tej dziedziny. Realizacja planów GIElu pozwoli na uruchomienie licznych prac naukowych. W szczuplejszym zakresie są przygotowania w Politechnice Gdańskiej. Pożądane są prace nad syntetycznymi metodami badania wyłączników.

mysłu w Polsce. Podręczniki radzieckie tylko wyjątkowo trafiały do rąk polskich studentów i naukowców. Propaganda antyradziecka starała się izolowac niewielki świat nauki polskiej od wszelkich zdobyczy techniki socjalistycznej.

Jasną kartę na polu wydawniczym ma Stowarzyszenie Elektryków Polskich, które przed wojną rozwinęło owocną działalność wydawniczą w dziedzinie elektrotechniki (poz. 10, 11 i 12), energetyki i telekomunikacji. Ponadto organ Stowarzyszenia „Przegląd Elektrotechniczny" był jedynym czasopismem polskim, umieszczającym m. inn. oryginalne prace naukowe.

Stosunkowo lepszy stan panował w dziedzinie popularyzacji elektrotechniki. Książki doskonałego popularyzatora, zasłużonego przyjaciela młodzieży, prof. M. Pożaryskiego trafiały do rąk monterów, uczniów i studentów. Oto one:

Przystępna elektrotechnika prądów silnych, trzy wydania: 1921, 1924 i 1931 (447 str).

Elektryk, 1933 (524 str.).

Monter-elektryk, cztery wydania: 1936, 1940, 1947 i 1948 (356 str.).

Książki te stanowią trwały pomnik niestrudzonego pedagoga, który rozumiał, że zarodek nauki elektrotechnicznej tylko wtedy wyrośnie w wielkie drzewo, gdy zapuści korzenie w szerokie warstwy pracowników elektrotechniki. Obok M. Pożaryskiego znaczne zasługi na polu popularyzacji położył G. Hensel, autor kilku książek na poziomie średnim. Dużą rolę odegrały również wydawnictwa SEP: Wiadomości Elektrotechniczne i Kalendarzyk Elektrotechniczny (7 wydań).

Do ważnych prac SEPu związanych z nauką należy stworzenie polskiego słownictwa elektrotechnicznego. Prace, rozpoczęte w Warszawie w r. 1900 oraz we Lwowie w r. 1908, są od 1917 r. kontynuowane przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego, będącą organem SEPu. Przed wojną CKSE ogłosiła drukiem dwa słowniki:

Słownictwo elektrotechniczne polskie, t. I, 1936, wyd. SEP.

Definicje elektryczne, zesz. I, 1938, wyd. SEP.

Obecnie jest w przygotowaniu do druku „Polski Słownik Elektryczny", zawierający 12 000 terminów.

W 30-letnich z górą pracach nad słownictwem główną rolę odegrali: T. Arlitewicz, Z. Berson, T. Czaplicki, K. Drewnowski, M. Lutosławski, K. Mech, K. Obrębowicz, J. Rzewnicki, S. Wysocki, T. Żerański.

Ogólnie biorąc polska nauka elektrotechniczna w okresie międzywojennym posiadała wszelkie cechy nauki w kraju mało uprzemysłowionym, eksploatowanym przez obcy i w małej mierze własny kapitał. Szereg dziedzin nauki — zagadnienia najważniejsze, kluczowe — leżał całkowicie odłogiem. Inicjatywa nielicznych jednostek spalała się często przy rozwiązywaniu problemów peryferyjnych. Nie było mowy o planie całej elektrotechniki lub nawet jej odcinków.

3. Stan nauk elektrotechnicznych w Polsce Ludowej.

Wojna zadała decydujący cios nauce elektrotechnicznej i to cios zarówno materialny, jak i kadrowy. Słabe życie naukowe w ciężkich latach wojny gaśnie prawie zupełnie. Pracownicy nauki, pozostali w kraju, przygotowują podręczniki, studiują nieliczną dostępną literaturę naukową, prowadzą tajne nauczanie, ale głównie tracą siły w ciężkiej walce o byt. Tylko ci naukowcy, których los rzucił poza granicę kraju, mogą wyżywać się w pracy naukowej (prace S. Szpora na temat pioruna). Z ciekawszych momentów w kraju wymienić można badania sieciowe, mające na celu sprawdzenie metod obliczania prądów zwarcia oraz wyznaczania mocy wyłączalnej (zespół Fabryki Aparatów Elektrycznych łącznie z J. L. Jakubowskim).

Wojna i prześladowania okupanta przerzedzają i tak słabe kadry naukowe. W czasie powstania idzie z dymem baza materialna warszawskiego ośrodka naukowego — gmach elektrotechniki i laboratoria Politechniki Warszawskiej.

Polska Ludowa musiała budować swą naukę elektrotechniczną od podstaw, dosłownie z popiołów. Politechniki na Ziemiach Odzyskanych we Wrocławiu i Gdańsku dostaliśmy zdewastowane i, jak się okazało, o bardzo przestarzałych urządzeniach. Sześć odbudowanych bądź nowo tworzonych Politechnik: w Warszawie, Gdańsku, Wrocławiu, Gliwicach, Łodzi i Krakowie skupiło resztki naukowców przedwojennych. Zasilenie nauki przez ludzi z przemysłu było konieczne, wobec nieszkolenia kadr w okresie międzywojennym. Stanęliśmy wobec całkowitego braku naukowców w wielu dziedzinach, np. specjalistów od konstrukcji przekaźników i ochrony zwarciowej, prostowników itd.

W r. 1945 powstała również placówka nowa, której nie można było zorganizować w Polsce międzywojennej: Główny Instytut Elektrotechniki — GIEl. Zadanie jej, to prowadzenie głównego trzona prac naukowych w dziedzinie elektrotechniki prądów silnych, potrzebnych do realizacji państwowych planów budowy socjalizmu. Prace te, łącznie z tematami zakładów i instytutów politechnicznych, winny stanowić plan państwowy badań naukowych.

Główny Instytut Elektrotechniki zorganizował dotychczas 8 zakładów:

Zakład Miernictwa Elektrycznego,
Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego,
Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych,
Zakład Wielkich Mocy,
Zakład Wysokich Napięć,
Zakład Elektrotermii,
Zakład Techniki Świetlnej,
Zakład Trakcji Elektrycznej.

Zakłady te mieszczą się w Warszawie z wyjątkiem Zakładu Materiałoznawstwa, znajdującego się we Wrocławiu.

Państwo Ludowe nie szczędziło środków na GIEl. Dowodem tego jest m. inn. wyekwipowanie GIElu w generator udarowy na 2,8 milionów woltów, 32 kWs, jeden z największych w Europie.

Politechniki nasze po 5 latach są znowu ośrodkami naukowymi. Liczba prac doktorskich elektrotechnicznych w ciągu 5-lecia dochodzi już do liczby z całego 20-lecia międzywojennego. Rozwój ilościowy i jakościowy prac naukowych jest jednak w dalszym ciągu niewystarczający, ich tematyka jest rozstrzelona, niesharmonizowana. Dużo tematów dubluje się, a szereg jest nietkniętych. Nie trzeba jednak zapominać, jak ciężką pracę musiał spełniać naukowiec polski w okresie odbudowy, gdy trzeba było tworzyć laboratoria i biblioteki od podstaw, a jednocześnie wypuszczać nowe pokolenie inżynierów. Nie trzeba zapominać, że jeszcze do dziś wielu pracowników nauki jest nieoficjalnymi przodownikami pracy, którzy organizując uczelnie zajmują jednocześnie kierownicze stanowiska w przemyśle. Ta konieczność podwójnego życia, pracy za dwóch ludzi, nie pozwala na pełną działalność naukową i stanowi jedną z istotnych trudności nauki polskiej z okresu odbudowy. Ale okres ten już się kończy; postaramy się dać przegląd jego osiągnięć na podstawie materiałów grup problemowych Podsekcji Elektrotechniki Kongresu. Z góry należy jednak podkreślić, że przegląd ten nie da pełnego obrazu obecnego stanu nauki.

Przede wszystkim przegląd nasz nie zawiera wykazu tematów rozpoczętych i zamierzonych — w wielu przypadkach bardzo bogatego. Ponieważ plany poszczególnych placówek naukowych są jeszcze nieskoordynowane, wykaz taki należy odłożyć do referatu kongresowego, który powstanie po zakończeniu planowania w skali ogólnokrajowej.

Następnie przegląd nasz uwzględnia tylko podręczniki na poziomie akademickim i prace naukowe wydane oddzielnie drukiem, a pomija artykuły w czasopismach, skrypty i rękopisy. Celowo nie uwzględniono skryptów, będących nieraz na bardzo wysokim poziomie, gdyż autor artykułu nie czuł się kompetentnym do odróżnienia prac wartościowych od nieskontrolowanych notatek z wykładów. Zresztą skrypty na poziomie podręcznikowym są przejawem złej organizacji wydawniczej. Poza skryptami istnieje jeszcze dużo (kilkanaście) rękopisów podręczników, częściowo w druku. Wobec niemożności zbadania stanu zaawansowania tych wydawnictw wypadło je pominąć.

Elektrotechnika teoretyczna

Jako dorobek powojenny należy w tym zakresie wymienić prace doktorskie z Wrocławia:

Konorski B. Obliczanie naprężeń i zwisów przewodów napowietrznych miedzianych metodą nomograficzną (1947),

Wąsowski J. Symboliczne przedstawienie iloczynu funkcji sinusoidalnych ze szczególnym uwzględnieniem funkcji mocy (1950),

PROF. INŻ. ZDZISŁAW FICKI

Spalanie węgla kamiennego w paleniskach kotłowych*)

Treść. Przedmiotem artykułu jest sformułowanie technicznych kwalifikacji dla węgla spalanego w rozpowszechnionych obecnie paleniskach kotłowych — od płaskiego rusztu ręcznie zasilanego do pyłowego kotła ze wstępną komorą na płynny żużel. Tekst jest ilustrowany rysunkami i zdjęciami palenisk lub całych zespołów kotłowych, jeśli, jak to bywa w nowoczesnych konstrukcjach, palenisko stanowi organiczną część kotła. Omówione są szkicowo obecny stan i możliwości techniki kotłowej w przeciwstawieniu do stanu sprzed 25 lat oraz wyliczone cechy węgla, charakteryzujące jego przydatność dla palenisk kotłowych.

Сжигание каменного угля в котельных топках. В статье формулируются технические условия для угля, сжигаемого в распространенных ныне котельных топках, начиная с плоской колосниковой решетки, загружаемой вручную, кончая котлами для пылевидного топлива с камерой для жидкого шлака. Текст иллюстрируется чертежами и снимками топок либо целых котлоагрегатов, если, как это бывает в современных конструкциях, топка составляет органическую часть котла. Дается очерк нынешнего состояния и возможностей котельной техники в противоположность тому, что было 25 лет тому назад, и приводятся качества угля, характеризующие его пригодность для котельных топок.

The combustion of coal in boiler furnaces. The object of the article is to formulate the technical qualifications for coal burnt in boiler furnaces commonly used — from the flat type hand-fed grate to the pulverized fuel furnace with liquid slag chamber. Drawings and photographs are given of furnaces as well as of complete boiler units in instances where the furnace forms an integral part of the boiler, as is the case in modern designs. A rough outline is given of the present state and of the opportunities in boiler technique, as compared with the position of 25 years ago, as well as a specification of the properties of coal charactersising its suitability as a boiler fuel.

1. Obecny stan techniki kotłowej.

Przez kilkadziesiąt lat do roku 1914 najistotniejszym zagadnieniem techniki kotłowej była konstrukcja paro-wodnej przestrzeni kotła pracującej pod ciśnieniem. Na drodze ewolucji stworzone zostały klasyczne konstrukcje wodnorurkowych kotłów — sekcyjnego i stromorurowego, które dotąd są prototypami.

Palenisko było konieczną częścią kotła, ale traktowano je jako uzupełnienie zespołu kotłowego, nie wymagające dociekań i badań, bo przecież palenisko z płaskim rusztem było konstrukcją istniejącą i wypróbowaną przez tysiące lat.

Jednostronność osiągnięć konstrukcyjnych wstrzymała rozwój kotłów; konstrukcja stała się szablonem bardzo opóźnionym w stosunku do technicznego poziomu współczesnych silników. Wydajność jednostkowa była mała, a sprawność cieplna, niezawodność ruchu i roczny czas pracy — złe. Niewspółmierność między technicznymi poziomami kotła i silnika znalazła najbardziej jaskrawy wyraz w elektrowni o mocy 30 000 kW w New Yorku zbudowanej w 1898 r.: dla uzgodnienia długości budynków maszynowni i kotłowni ustawiono w niej kotły na 3 piętrach.

Analiza wyników ruchu kotłów doprowadzała do jednoznacznych wniosków: palenisko i woda są źródłem trudności i zaburzeń ruchu.

Zagadnienie wody kotłowej zostało rozwiązane i opanowane szybko, bo już w 1925 r. technika preparowania wody zasilającej dawała możność i łatwość prowadzenia kotła bez kamienia i bez korozji.

Zagadnienie paleniska było nieporównanie trudniejsze. Najpłodniejszą okazała się myśl upodobnienia złego paleniska węglowego do dobrze działających palników do płynnego paliwa, tj. spalania węgla w postaci pyłu. Jeszcze płodniejsze były początkowe niepowodzenia tej koncepcji, bo stały się fundamentem, na którym rozbudowano teorie spalania i przenikania ciepła przez powierzchnię ogrzewaną kotła. W tym samym okresie Murray wprowadził do budownictwa kotłowego nowy element powierzchni ogrzewanej — ruszty granulacyjne i ekrany chłodnicze.

Rok 1921 był rokiem przełomowym dla budowy kotłów. Techniczne przesądy zostały odrzucone, konstrukcja zracjonalizowana, palenisko przestało być uzupełnieniem zespołu kotłowego, stało się jego najistotniejszą częścią — najważniejszą, bo decydującą o technicznej wartości i wynikach ruchu całego zespołu. Dalszy rozwój był już niezmiernie szybki: w przeciągu kilkunastu lat całą powierzchnię ogrzewaną właściwego kotła przeniesiono do komory paleniskowej: w ciągu konwekcyjnym pozostały tylko pomocnicze powierzchnie ogrzewane: przegrzewacz pary, podgrzewacz wody i podgrzewacz powietrza. Dominującą konstrukcją stał się kocioł całkowicie opromieniowany, czyli komora paleniskowa stała się kotłem. Równolegle z rozwojem konstrukcji paleniska ogromne postępy zrobiła jakość materiałów hutniczych i metody fabrykacyjne, co pozwoliło na podniesienie prężności i temperatury pary.

Najbardziej przejrzystą miarą współczesnych możliwości budownictwa kotłowego są liczby, charakteryzujące szczytowe osiągnięcia:

wydajność jednostki kotłowej	570 t/h,
parametry pary	150 atn, 500°C,
sprawność cieplna	92 %,
roczny czas użytkowania	7 500 h.

Postęp w budowie kotłów stworzył podwaliny, na których rozwinęła się i rozrosła energetyka parowa o nieograniczonych, jak dzisiaj może się wydawać, możliwościach. Energia elektryczna dociera wszędzie, stwarza nowe przemysły, nowe możliwości produkcyjne, staje się przedmiotem międzynarodowego handlu, a przyrost ilościowy jej produkcji wyprzedza stale przewidywania oparte na statystyce.

Dotychczasowy i spodziewany wzrost liczby palenisk przemysłowych i ich jednostkowej wydajności stworzył nowe zagadnienie techniczne, palące już obecnie w okręgach przemysłowych — unieszkodliwienia dla ludności pozostałości po spalaniu węgla. Atmosfera w okolicach kotłowni została w ostatnich dwudziestu latach zadymiona, zakurzona i zatruta przez spaliny; źródłem tych zanieczyszczeń są kominy oraz zwały żużla i lotnego popiołu.

Najbardziej złośliwe okazało się palenisko pyłowe, w którym 80 — 90% popiołu wprowadzonego w węglu uchodzi w spalinach w postaci bardzo miałkiego popiołu lotnego. Umiemy już ten popiół wytrącić ze spalin, ale to jest dopiero połowa rozwiązania, bo na zwale każdy podmuch wiatru podnosi tumany kurzu, zasypujące okolicę w promieniu wielu kilometrów. Dla oceny następstw obecnego i przyszłego stanu sanitarnego atmosfery trzeba jeszcze pamiętać, że w paleniskach pyłowych spalane są najgorsze gatunki węgla o dużej zawartości popiołu i siarki.

Można przypuszczać, że w zagłębiach węglowych najprostszym i najtańszym sposobem unieszkodliwienia popiołu lotnego byłoby dodawanie go do płynnej podsadzki. Dotychczasowe próby spożytkowania popiołu lotnego jako surowca w przemysłach ceramicznym i materiałów budowlanych nie dały wyników.

2. Dobór węgla dla palenisk kotłowych.

Dobór węgla decyduje o technicznych i gospodarczych wynikach eksploatacji paleniska.

Nieodpowiedni węgiel w krańcowym wypadku może uniemożliwić ruch kotła, a często jest przyczyną obniżenia jego wydajności i sprawności, przerw ruchu, złego czasu użytkowania kotła, nadmiernego postępu zniszczenia itp. — ze związanymi z tym gospodarczymi konsekwencjami dla kotłowni i obsługiwanych przez nią zakładów.

Dla uwypuklenia gospodarczej doniosłości sprawności cieplnej kotła w tabl. I podane są liczby charakteryzujące stosunek kosztu instalacji kotłowej do rocznego kosztu węgla oraz wpływ sprawności cieplnej kotła.

Obliczenia zostały zrobione dla kotła 100/125 t/h, 40 atn, 450°C i dla 3 różnych cen węgla:

I) 9 zł/t loco bunkier w polskim Zagłębiu Węglowym w 1939 r.,
II) 20 zł/t loco bunkier w centralnej Polsce w 1939 r.,
III) 80 zł/t loco bunkier w kraju importującym węgiel w 1950 r.

Ceny i koszty podane są w złotych 1939 r.

Do obliczeń rocznego kosztu paliwa w zestawieniu przyjęte zostały przeciętne roczne sprawności cieplne. Najwyższa (85%) jest górną możliwą granicą dla nowoczesne-

*) Z materiałów Państwowej Rady Energetycznej.

Warto zaznaczyć, że GIEl posiada w swym planie 6-letnim zapoczątkowanie budowy zwarciowni — podstawowej inwestycji naukowo-badawczej dla utworzenia samodzielnego przemysłu aparatów wysokiego napięcia.

8) Przekładniki. Główny Urząd Miar ma w programie prace nad wzorcami i metodami badania, Politechnika Gdańska nad własnościami zwarciowymi.

Elektrotermia

W dziedzinie tej nie było po wojnie — jak i przed wojną — podręczników na poziomie akademickim. Dla poziomu niższego przeznaczone są natomiast dwa nowe podręczniki Domanusa z 1948 r. oraz Wierusza Kowalskiego z 1949 r.

Prace naukowe z elektrotermii skupiają się w dwóch ośrodkach: w Zakładzie Elektrotermii GIElu (Mgr T. Schwartz) oraz w Dziale Urządzeń Termotechnicznych Centralnego Biura Konstrukcyjnego Maszyn El. (Mgr B. Sochor). Drobniejsze prace z zakresu miernictwa grzejnego i zastosowań są ponadto prowadzone w kilku innych instytucjach.

Na drodze rozwoju zarówno elektrotermii przemysłowej, jak i badań naukowych w tej dziedzinie stoi duży brak kadr. Aby mu zaradzić, należy stworzyć co najmniej dwie katedry elektrotermii.

Zacofanie nasze w dziedzinie elektrotermii przemysłowej jest b. duże, głównie wskutek sprowadzania przed wojną z zagranicy całych urządzeń i braku produkcji krajowej. Stan ten kontrastuje ze stanem w Związku Radzieckim. O zrozumieniu grzejnictwa w Związku świadczy np. podejmowanie w tej sprawie uchwał na zjazdach WKP(b).

Oświetlenie elektryczne

Prac naukowych z dziedziny techniki świetlnej po wojnie nie prowadzono. Są one zapoczątkowane obecnie przez Zakład Techniki Świetlnej GIElu (w dziedzinie techniki oświetlenia i miernictwa oświetleniowego) oraz przez Biuro Studiów Zakładów Wytwórczych Lamp Elektrycznych (w dziedzinie źródeł światła).

Publikacji naukowych lub podręczników na wyższym poziomie z zakresu techniki świetlnej ani przed wojną, ani później nie wydano. W druku jest kilka prac na niższym poziomie.

Kadry fachowców są bardzo nieliczne i bardzo powoli powiększają się. Utworzenie co najmniej jednej politechnicznej katedry Oświetlenia Elektrycznego, która stałaby się ośrodkiem szkoleniowym dla tej dyscypliny, wydaje się koniecznością.

4. Zadania, stojące przed polską nauką elektrotechniczną.

Podany wyżej fragmentaryczny przegląd powojennych osiągnięć nauki polskiej pozwala wyciągnąć szereg wniosków zasadniczych.

1. W Polsce Ludowej dotychczas brak było planowania w nauce elektrotechnicznej w skali państwowej. Swój plan miał Główny Instytut Elektrotechniki, plany miały katedry politechniczne, ale plany te były nieskoordynowane. Prace Kongresu wykazały w wielu przypadkach daleko idące dublowania. Sytuacja ta ulega już obecnie zasadniczej zmianie, gdyż na polecenie władz państwowych GIEl pracuje nad planem ogólnopolskim, którego pierwszy rzut będzie gotowy jeszcze w tym roku. Jest to olbrzymia praca, gdyż plan obejmuje kilka tysięcy tematów. Plan ten stanie się niewątpliwie podstawą rozkwitu nauk elektrotechnicznych na wzór Związku Radzieckiego. Niektórzy naukowcy odnoszą się nieufnie do tego planowania. Jest to całkiem nieuzasadnione i w najwyższym stopniu szkodliwe. Tematów jest tak wiele, że każdy będzie mógł działać na swym ulubionym terenie. Oczywiście, prace nie mogą być dublowane, a najwyżej prowadzone równolegle przy wzajemnym informowaniu się, aby prędzej dojść do celu. Musimy czasami zrezygnować z pewnych ambicji osobistych w zakresie tzw. „priorytetu", jeśli wzajemne informowanie się prędzej da rozwiązanie, prędzej pozwoli oddać wyniki społeczeństwu.

2. Jest rzeczą jasną, że w ramach najbliższego 6-lecia naukowcy polscy nie rozwiążą wszystkich tematów, stojących aktualnie przed nimi. Ze względu na swe słabe na razie siły musimy starannie wybierać zagadnienia, które pójdą na warsztat. Należy zerwać z dotychczasową przypadkowości w doborze tematów. Naukowcy muszą starać się dać krajowi jak najszybciej jak największe korzyści. To też na pierwszy plan należy wysunąć zagadnienia związane z realizacją planu 6-letniego. Np. modernizacja kilku tysięcy naszych wyłączników jest obecnie zagadnieniem pierwszoplanowym, na które nasi naukowcy muszą znaleźć czas, obok podstawowych badań nad przerywaniem łuku elektrycznego. Kongres Nauki jest właśnie tym czynnikiem, który pomoże znaleźć naukowcom polskim właściwą drogę.

3. Jak przemysł tylko wtedy wykona olbrzymie zadania planu 6-letniego, jeśli będzie miał do dyspozycji nową technikę, tak nauka spełni swe nowe, wielkie zadania, uwielokrotni produkcję naukową, jeśli przejdzie na nową organizację pracy. Mamy tu na myśli pracę zespołową, która musi się stać zasadą podobnie jak w Związku Radzieckim.

4. W dziedzinie podręczników naukowych w Polsce musi też nastąpić planowanie w skali państwowej. Plany wydawnicze Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego i Państwowych Zakładów Wydawnictw Szkolnych winny być uzgodnione. Należy zaniechać dublowania wydawnictw, a przejść na rozdział tematów oraz metodę publikacji zbiorowych. Kongres Nauki winien wytyczyć, jakie podręczniki są najpilniejsze czy to w tłumaczeniach, czy jako opracowania oryginalne. Bogata skarbnica literatury radzieckiej musi być szerzej niż dotychczas udostępniona pod postacią tłumaczeń. Wreszcie musi być położony wielki nacisk i na najwyższy stopień popularyzacji: monografie i publikacje naukowe oryginalne. Tu nie wystarczy akcja wydawnicza GIElu pod postacią Serii A (prace oryginalne) i B (tłumaczenia) oraz pod postacią „Prac badawczych GIElu". Świat nauki musi zdobyć własny periodyk do publikowania prac doktorskich, habilitacyjnych i innych na najwyższym poziomie, najlepiej jako organ przyszłej Akademii Nauk.

5. Perspektywy rozwoju nauki elektrotechnicznej w Polsce.

Osiągnięcia socjalizmu w Polsce w terminie, który nam narzucają zacofanie naszej techniki i wzrost tendencji imperialistycznych zagranicy, jest możliwe tylko wtedy, kiedy przemysł i energetyka będą pracowały przy pomocy nowej techniki, kiedy zostaną zmienione, przeobrażone procesy technologiczne, wprowadzone na szeroką skalę elektryfikacja, automatyzacja i mechanizacja procesów. To są wszystko zadania dla nauki elektrotechnicznej. Rozwiążemy je, gdy skoncentrujemy wysiłki wszystkich pracowników nauki, usuniemy zbędne dublowania, stworzymy jeden logiczny plan państwowy.

Owoce pracy naukowca trafią wtedy do fabryk, podniosą dobrobyt szerokich warstw ludności. Człowiek pracy, robotnik, cenić będzie i kochać swoich naukowców, powstanie atmosfera, pociągająca szerokie rzesze młodzieży do pracy naukowej. Praca ta stanie się zaszczytem. Ci nowi naukowcy wykorzystają olbrzymie środki, jakie przewiduje Państwo Ludowe na rozwój nauki. W tych warunkach polska nauka elektrotechniczna dojdzie do niebywałego w naszej historii rozwoju i stanie się godną nazwy nauki epoki Stalinowskiej.

Wśród polskich naukowców nastąpił już przełom. Dowodem tego są żywe dyskusje w ramach zebrań Kongresu i na ostatnim Zjeździe SEPu oraz próby planowania.

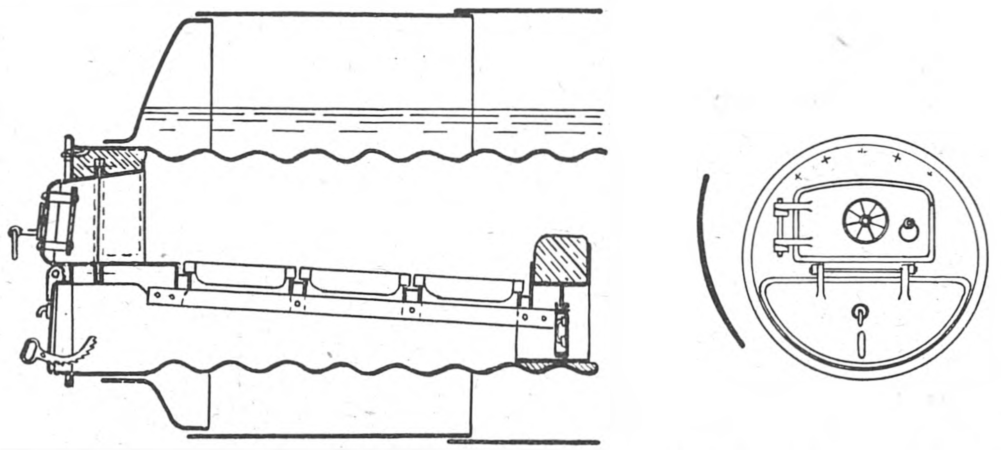
Apel do czytelników. Artykuł niniejszy jest pierwszą próbą syntezy, obejmującą przeszłość i teraźniejszość. Autor zdaje sobie sprawę z wielu niedoskonałości swej pracy. Artykuł jest oparty na materiałach, których dostarczyły Kongresowi dziesiątki naukowców i techników. Napewno tkwi w nim jednak wiele nieścisłości i przeoczeń. Aby referat kongresowy nie miał tych braków, konieczne jest, żeby czytelnicy Przeglądu wypowiedzieli się listownie jak najliczniej i jak najszybciej, poddając krytyce i uzupełniając tezy referatu. Wszelkie uwagi, nawet najdrobniejsze, mogą okazać się przyczynkiem bardzo cennym. Należy je kierować pod adresem przewodniczącego Podsekcji Elektrotechniki Kongresu Nauki prof. J. L. Jakubowskiego, Warszawa, Politechnika.

stawione na określony typ węgla, że straciły uniwersalność, że węgle odmiennego typu pogarszają cieplne i ruchowe wyniki pracy kotła, a w krańcowych wypadkach mogą uniemożliwić ruch kotła.

Celem ustalenia wytycznych dla doboru węgla opałowego omówimy typowe konstrukcje palenisk w kolejności zestawienia.

3. 1. Ruszt płaski.

Płaski ruszt ręcznie zasilany jest najstarszą, najprostszą i najtańszą konstrukcją; zakres jego zastosowania jest ogromny, bo obejmuje paleniska dla użytku domowego, wodne kotły centralnego ogrzewania, kotły przemysłowe małej wydajności oraz kotły trakcyjne — parowozowe i morskie (szkockie). Wymiary rusztu, a zatem również jego wydajność cieplna, muszą być dostosowane do fizycznych możliwości palacza, zazwyczaj $l = 2{,}5$ m, $s = 5$ m², $G = 600$—1000 kg/h. W kotłach trakcyjnych natężenie jednostkowe rusztu dochodzi do 500 kg/m²h, jednakże osiągane to jest przez krótki czas, przy huraganowym ciągu w palenisku, kosztem dużego wysiłku fizycznego palacza i bardzo szybkiego postępu zniszczenia kotła. Na rys. 1 pokazany jest płaski ruszt najprostszej konstrukcji w kotle dwupłomienicowym.



Rys. 1. Ruszt płaski w kotle dwupłomienicowym

Działanie płaskiego rusztu. Łatwy i szybki zapłon narzuconego węgla od dolnego ognia, gwałtowne odgazowanie narzuconego węgla ze wszystkimi konsekwencjami, jak periodyczny brak tlenu, więc okresowe niezupełne spalanie, zła sprawność cieplna i zadymianie atmosfery. Na płaskim ruszcie zasilanym ręcznie trzy fazy spalania węgla, tj. suszenie i odgazowanie oraz spalanie koksu, są przesunięte w czasie; stąd okresowe braki i nadmiary tlenu. Dalszymi cechami są: ogromna zależność przebiegu spalania od fizycznej sprawności i staranności palacza; ogromna zależność ciągłości ruchu, wydajności cieplnej i sprawności cieplnej od jakości węgla; całkowita niezawodność ruchu przy dobrym węglu i sumiennej obsłudze.

Kwalifikacja węgla. Ręczny ruszt płaski jest najbardziej kapryśnym paleniskiem: do jego dobrego działania konieczny jest staranny dobór węgla. Pożądane cechy węgla:

a) krótkopłomienny (ok. 20% składn. lotn.), wysokokaloryczny, niekoksujący;

b) małopopiołowy o wysokiej temperaturze topliwości popiołu;

c) sortyment — groszek i grubszy; w kotłach trakcyjnych używana jest nawet kostka dla rozciągnięcia w czasie okresu odgazowania węgla.

Każde odstępstwo od tej recepty zmniejsza wydajność i sprawność cieplną paleniska, zwiększa fizyczny wysiłek palacza i skraca czas ruchu między dwoma odżużlowaniami rusztu.

Najodpowiedniejszym typem węgla jest krótkopłomienny o zawartości składników lotnych poniżej 20%.

Odmiany płaskiego rusztu

Kotły trakcyjne. Ruszt, podobnie jak i zespół kotła, jest stale przeciążany, trwałość kotła zła, fizyczny wysiłek palacza bardzo duży. Konieczność całkowitej niezawodności ruchu sprawia, że płaski ruszt jest dotąd nie do zastąpienia.

Szczególne warunki ruchu narzucają ostre jakościowe przepisy dla węgla; oprócz ogólnych warunków, podanych wyżej w punktach a), b) i c), ze względu na iskrzenie pożądane są jeszcze: oczyszczenie sortymentu z podziarna i umiarkowana spiekalność. Przy konieczności forsowania paleniska może być pożądana większa zawartość składników lotnych, jednakże z wyłączeniem węgli koksujących.

Ruszt z poddmuchem. Płaskie ruszty z poddmuchem zostały wprowadzone w kotłach przemysłowych celem umożliwienia spalania miału węglowego. Przebieg procesu spalania nie uległ zmianie w stosunku do rusztu bez poddmuchu; wyniki cieplne, tj. wydajność i sprawność, są gorsze niż przy spalaniu sortymentów bez poddmuchu. Dla zmniejszenia straty w popiele lotnym pożądana jest umiarkowana spiekalność miału.

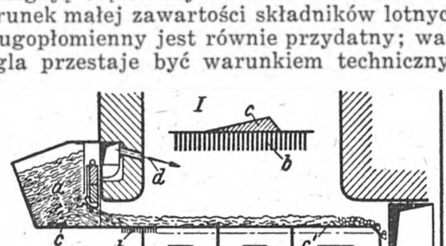
Ruszt płaski narzutowy. Mechaniczne, więc działające w sposób ciągły, zasilanie rusztu usuwa organiczną wadę ręcznego płaskiego rusztu, którą jest gwałtowne odgazowanie dużej jednorazowej dawki paliwa; przy ciągłości zasilania trzy zasadnicze fazy spalania przebiegają w palenisku jednocześnie, zapotrzebowanie powietrza jest stałe, a zatem przyczyny okresowego niecałkowitego spalania węgla i dymienia zostają usunięte.

Aparaty do mechanicznego narzucania węgla nie znalazły większego rozpowszechnienia; działanie ich przy sortymentach średniej wielkości dobrze sortowanych było zadawalające, przy miale węglowym aparaty nie nadawały się do ruchu.

W USA w okresie wojny rozpowszechniły się pneumatyczne aparaty narzutowe u nas jeszcze nieznane. W technicznej prasie ZSRR z 1949 r. działanie próbnych palenisk znalazło przychylną ocenę.

Techniczne warunki dla węgla podane w punktach a), b) i c) ulegają częściowej zmianie:

a) warunek małej zawartości składników lotnych odpada, węgiel długopłomienny jest równie przydatny; wartość opałowa węgla przestaje być warunkiem technicznym;



Rys. 2. Ruszt płaski z mechaniczną gracą

b) przydatność miału jest gorsza od przydatności drobnych sortymentów, jednakże różnica osiąganych wydajności i sprawności kotła jest znacznie mniejsza niż dla płaskiego rusztu ręcznie zasilanego.

Ruszt płaski z mechaniczną gracą. Firma Steinmüller wypuściła na rynek w 1937 r. tzw. ruszt L. Jego schemat jest podany na rys. 2. Jest to płaski ruszt

go dobrze zbudowanego i prowadzonego kotła, najniższa (65%) jest dobrym wynikiem ruchowym dla rusztowego sekcyjnego kotła starej konstrukcji z roku 1925 — 1930; takich kotłów dzisiaj jest jeszcze dużo czynnych; oczywiście, trwała wydajność 100 t/h byłaby wówczas podzielona na 2—3 jednostki kotłowe.

Z zestawienia wynika, że przy drogim węglu roczny koszt paliwa jest wyższy od ceny urządzenia kotłowego i że różnica wydatku na węgiel pomiędzy kotłem nowoczesnym a przestarzałym, choćby jeszcze całkowicie sprawnym, stanowi 36,3% ceny nowoczesnego urządzenia kotłowego.

W gospodarczych warunkach polskiego Zagłębia Węglowego różnica kosztu węgla pomiędzy przypadkiem możliwego technicznie maksymum sprawności i przypadkiem przestarzałej konstrukcji stanowiła zaledwie 6% ceny urządzenia kotłowego; w centralnej Polsce ta różnica wynosiła 13,6%, a zatem i tu inwestycja nowego kotła była gospodarczo mało atrakcyjna.

Tablica I

		I	II	III
Cena kotła w 1939 r.	zł	2 500 000		
Podrożenie ceny w 1950 r. (50%)	zł			1 250 000
Cena kotła w 1950 r.	zł			3 750 000
Cena budynku i urządzeń pomocniczych (80%)	zł	2 000 000		3 000 000
Cena urządzenia kotłowego	zł	4 500 000		6 750 000
Roczny czas użytkowania wydajności szczytowej	h/rok	6 000	6 000	6 000
Cieplik nadany parze w kotle	kcal/kg	650	650	650
Dolna wartość opałowa węgla	kcal/kg	5 800	5 800	5 800
Cena węgla loco bunkier	zł/t	9	20	80
Roczny koszt węgla przy różnych sprawnościach cieplnych:				
85%	zł/rok	890 000	1 980 000	7 900 000
80%	„	950 000	2 110 000	8 420 000
75%	„	1 010 000	2 250 000	8 980 000
70%	„	1 080 000	2 400 000	9 600 000
65%	„	1 160 000	2 590 000	10 350 000

Do oceny przydatności i jakości węgla opałowego bierzemy pod uwagę kilka cech. Są nimi:

a) zawartość składników lotnych, liczona w procentach od substancji palnej,
b) spiekalność,
c) ciepło spalania substancji palnej,
d) wilgotność higroskopijna,
e) zawartość popiołu,
f) temperatury topliwości i plastyczności popiołu,
g) sortyment,
h) dolna wartość opałowa węgla,
i) wilgotność całkowita,
j) zawartość siarki.

Cechy *a*, *b*, *c*, i *d* są wykładnikiem geologicznego wieku węgla, według nich węgiel jest zaszeregowany we wszystkich tabelach kwalifikacyjnych. Na tych cechach oparte są potoczne nazwy typów: antracytowy, chudy, krótkopłomienny, koksujący, gazowy i długopłomienny.

Zadaniem cech *e* i *f* jest scharakteryzowanie popiołu, zawartego w węglu. Cechy te wyznaczane obecnie używanymi metodami analitycznymi, nie wystarczają dla dzisiejszych potrzeb techniki spalania, są tylko liczbami orientacyjnymi.

Badania zażużlowanych kotłów wykazują, że w kotle nalepy żużla mają — idąc wzdłuż drogi spalin — zmienny skład chemiczny. Przypuszczenie frakcyjnej destylacji popiołu przy temperaturach, panujących w paleniskach kotłowych, nie ma żadnego uzasadnienia, dlatego należy przypuszczać, że w palenisku kotłowym popiół tworzy — przy sprzyjających temu warunkach fizycznych — jakieś przejściowe łatwo topliwe związki chemiczne. Niemiecka literatura w formie przypuszczenia wymienia siarczek krzemu.

Cechy *g*, *h*, *i* są cechami technicznymi i gospodarczymi jednocześnie.

Cecha *j* jest miarą korozyjności spalin w kotle oraz szkodliwości ich dla życia organicznego.

Dla kilku właściwości węgla — ważnych dla przebiegu spalania, dla transportu i magazynowania — brak cech, czy choćby liczb porównawczych; tymi właściwościami są:

chemiczna aktywność koksu, wytwarzającego się w palenisku,
erozyjność węgla w stosunku do staliwa młynów,
skłonność do samozapłonu węgla w stanie naturalnym i po zmieleniu na pył.

3. Przegląd palenisk kotłowych i analiza procesu spalania w nich węgla kamiennego.

Budowane obecnie paleniska kotłowe można rozbić na 5 typów, różniących się między sobą zasadą mechanicznego działania, a każdy typ na kilka odmian:

1. Ruszt płaski:
   a) zwykły — z ręcznym zasilaniem,
   b) z podmuchem — ręcznie zasilany,
   c) narzutowy mechaniczny lub pneumatyczny,
   d) z mechaniczną gracą.
2. Ruszt podsuwowy:
   a) małej wydajności,
   b) dużej wydajności — wieloretortowy.
3. Ruszt kaskadowy.
4. Ruszt taśmowy:
   a) bez podmuchu,
   b) z podmuchem,
   c) z podmuchem strefowym.
5. Palenisko pyłowe:
   a) odprowadzające żużel zgranulowany,
   b) odprowadzające żużel płynny:
      α) z misą żużlową,
      β) ze wstępną komorą żużlową.

Liczba typów i odmian jest duża, ale trudności doboru węgla zostają jeszcze ogromnie powiększone przez dwie dalsze komplikacje:

1) Zależność działania urządzenia do spalania węgla od konstrukcji komory paleniskowej. Np. ten sam ruszt inaczej spala węgiel w ekranowanej komorze paleniskowej, a inaczej w komorze niechłodzonej. Stąd wniosek, że węgiel musi być dobierany do zespołu paleniska, tj. do komory spalania i do urządzenia do spalania węgla jednocześnie.

2) Jesteśmy bliscy okresu przełomowego: w ruchu są jeszcze kotły przestarzałej i całkowicie wadliwej konstrukcji, jednostki z okresu przejściowego, będące pośrednimi etapami na drodze racjonalizacji, i kotły nowoczesne. Rozpowszechnione nazwy typów i odmian palenisk nie utraciły technicznego sensu, ale straciły jednoznaczność. Np. termin „ruszt taśmowy“ staje się zrozumiałym dla specjalisty dopiero po bliższym omówieniu konstrukcji samego rusztu, jak i komory paleniskowej. Częstokroć podanie firmy-wytwórcy i roku budowy jest technicznie najwyraźniejszym określeniem zespołu kotłowego.

Dzisiejsze możliwości techniki kotłowej są już bardzo duże; można bez przesady powiedzieć, że dla każdego węgla i dla większości produktów odpadowych może być w granicach opłacalności gospodarczej zbudowane dobre palenisko.

Jednocześnie trzeba stwierdzić, że nowoczesne paleniska, przynajmniej większość ich, zostały konstrukcyjnie na-

z poddmuchem, składający się z rusztowin ułożonych poprzecznie do osi paleniska; po ruszcie okresowo przesuwa się graca o przekroju trójkątnym, ściśle przylegająca do nawierzchni rusztu. Napęd gracy mechaniczny; częstotliwość skoków nastawiana w granicach 2—6 min., a wielkość skoku w granicach od położenia spoczynku w koszu węglowym do położenia krańcowego przy tylnej krawędzi rusztu; czas podwójnego skoku — 20 s.

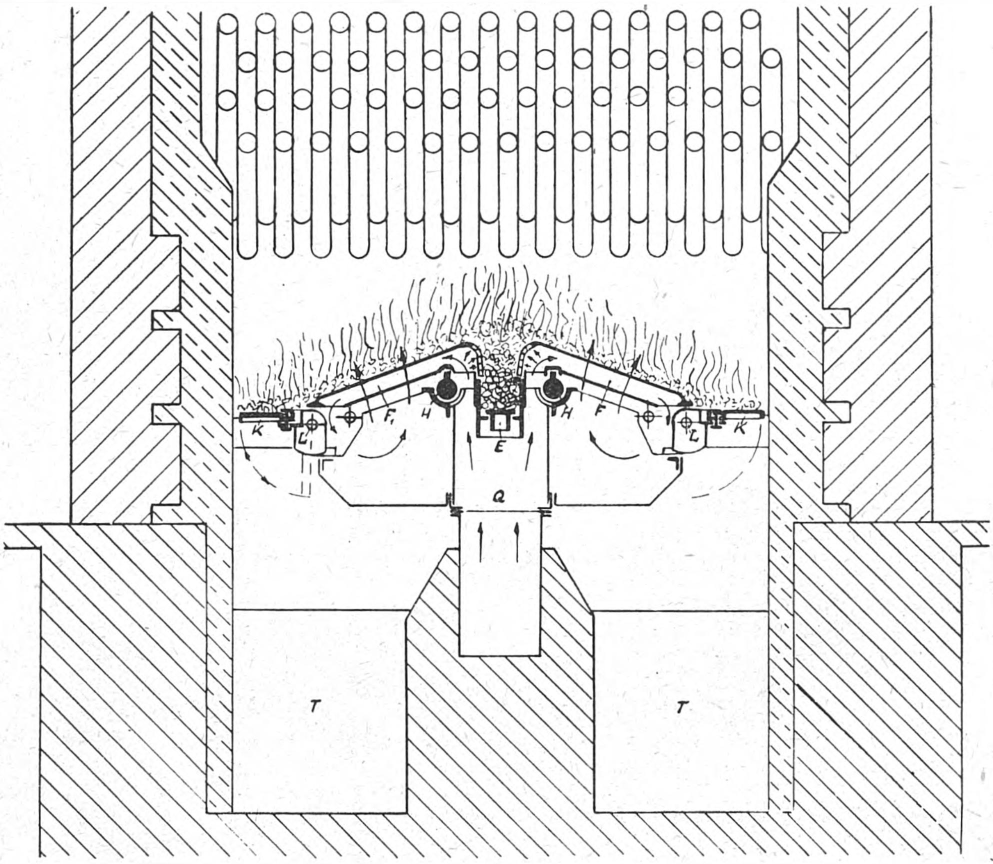
Działanie rusztu: przy każdym skoku graca wypycha dawkę świeżego paliwa z kosza węglowego na ruszt i jednocześnie przesuwa całe pokrycie rusztu w kierunku do tylnej jego krawędzi; przy długim skoku graca zgarnia żużel z tylnej części łoża, spychając go do kosza żużlowego; przy każdym skoku ruszt jest gracowany, pokrycie rusztu równane, warstwa węgla przewracana; przy wstecznym ruchu gracy rozżarzony węgiel jest podsuwany pod świeży węgiel. W następstwie intensywnego gracowania łoża i przewracania paliwa na nim poddmuch porywa z łoża drobniejsze ziarna, łoże węglowe iskrzy.

Ciągłość zasilania rusztu i intensywne gracowanie zasadniczo zmieniają przebieg procesu spalania. Ruszt niewątpliwie lepsza, bo usuwająca jego organiczną wadę, którą jest ręczne zasilanie ze wszystkimi związanymi z tym konsekwencjami.

Jednoretortowy ruszt podsuwowy pokazany jest półschematycznie na rys. 3.

Ruszt podsuwowy małej wydajności składa się z jednej retorty, do której węgiel jest wtłaczany za pomocą tłoka z napędem parowym lub elektrycznym; po bokach retorty umieszczone są płaskie ruszty. Świeży węgiel w miarę przepełnienia retorty spycha górną warstwę rozżarzonego paliwa na boczne ruszty. Poddmuch doprowadzony jest przez szczeliny w górnej części bocznych ścian retorty i pod płaskie ruszty. Ruszt jest odżużlany ręcznie.

W ZSRR ruszty podsuwowe z parowym napędem używane są w paleniskach ciężkich parowozów w połączeniu ze ślimakowym transporterem węgla, umieszczonym pod tendrem w jego osi. Transporter podaje węgiel na półkę ponad rusztem, z której węgiel rozrzucany jest po powierzchni rusztu przez parowy nadmuch. Słuszniejsza dla opisanej konstrukcji byłaby nazwa: płaski ruszt z parowym narzutem.



Rys. 3. Ruszt podsuwowy

dymi, obsługa rusztu jest całkowicie zmechanizowana, wielkość rusztu, a więc i wydajność cieplna ograniczone są wyłącznie przez względy konstrukcyjne.

Najwłaściwszy jest węgiel krótkopłomienny spiekający się o zawartości popiołu 10—15%. Przy większych zawartościach popiołu postęp wycierania rusztu jest duży. Ruszt jest mało wrażliwy na ziarnistość węgla, spala nawet pospółkę.

Wydajność cieplna jednostkowa: 1 000 000 — 1 800 000 kcal/m^{2}h; sprawność cieplna jednakowa z rusztem taśmowym.

Ruszt znalazł największe rozpowszechnienie w kotłach morskich i parowozach.

3. 2. Ruszt podsuwowy (stoker).

Charakterystyczną cechą „stokerów" jest mechaniczne podsuwanie świeżego paliwa pod rozżarzony koks. Zasada działania podsuwowych rusztów małej i dużej wydajności jest jednakowa, natomiast konstrukcyjne różnice są duże.

Małe ruszty znalazły w Europie rozpowszechnienie jako konstrukcja zastępcza dla ręcznego rusztu płaskiego, nie-

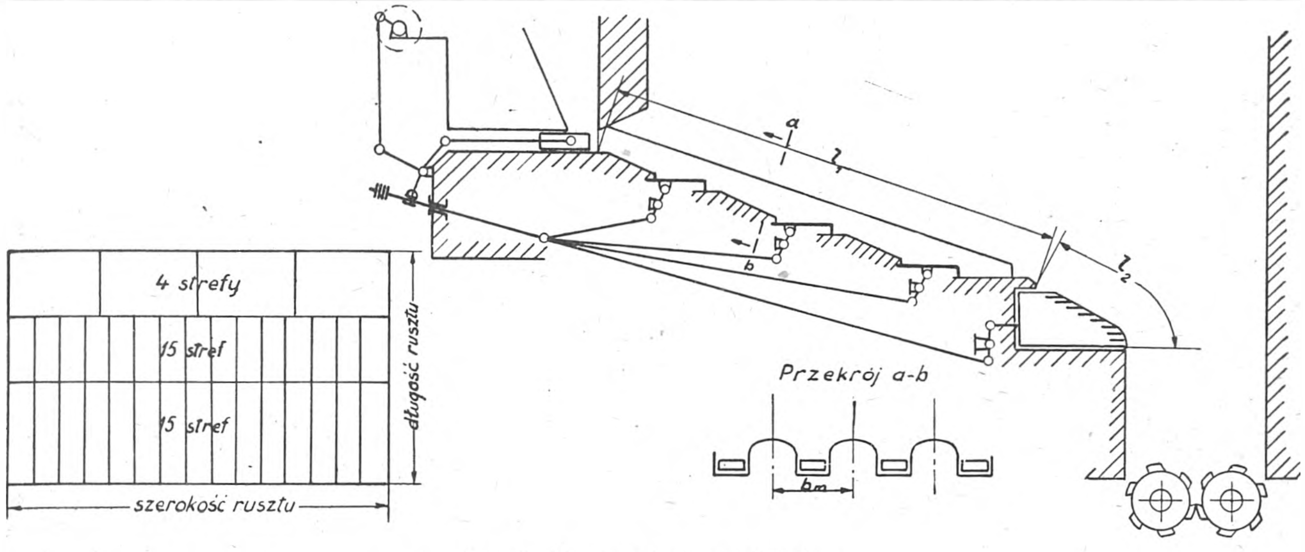
Palenisko tego typu budowane jest z rusztem ok. 6 m^2, osiągane jednostkowe natężenie przejściowo 1000 kg/m^{2}h. Sprawność cieplna jest lepsza niż dla płaskiego rusztu, fizyczny wysiłek palacza jest zredukowany do odżużlania rusztu. Wadą konstrukcji jest duża strata w lotnym popiele.

Ruszt jest ciekawy, bo stanowi jedno z wypróbowanych już rozwiązań doniosłego zagadnienia mechanizacji paleniska w kotłach trakcyjnych; specyficzne warunki pracy kotłów trakcyjnych sprawiają, że jest to jedno z najtrudniejszych zagadnień techniki cieplnej.

Ruszty podsuwowe dużej wydajności, tzw. wieloretortowe, są paleniskiem bardzo rozpowszechnionym w USA, w Europie zaś rzadko spotykanym. W rusztach amerykańskich szerokość łoża dochodzi do 10 m, długość retorty (bez rusztu żużlowego) do 5 m, co pozwala na wydajność kotła do 200 t/h (zbudowano kocioł na 140 t/h). Trudności konstrukcyjne i ruchowe rosną bardzo szybko z powiększeniem długości retort.

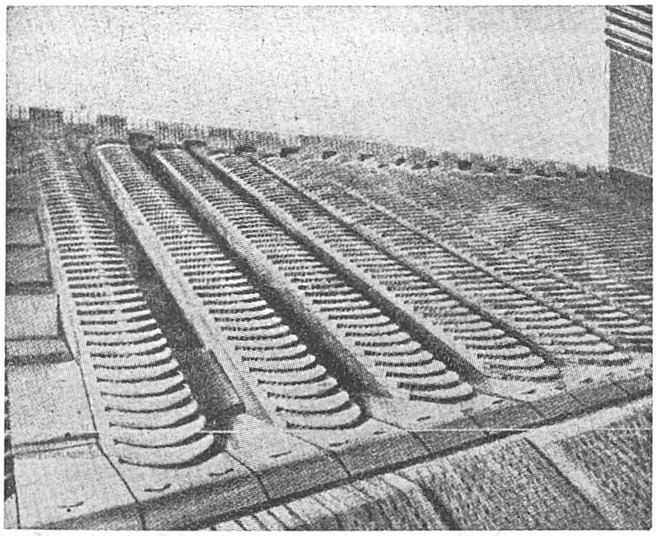
Ruszty podsuwowe wieloretortowe są budowane jako ruszty pochyłe, składają się zawsze z właściwego i dopala-

jącego rusztu, za którym zazwyczaj umieszczony jest jeszcze szyb do dopalania żużla. Świeży węgiel jest wtłaczany do retort, wzdłuż nich przesuwany przez ruchome popychacze; między retortami umieszczone są ruszty schodkowe; poddmuch doprowadzany jest tak, jak podano dla małych rusztów podsuwowych.



Rys. 4. Ruszt podsuwowy Taylora

Schemat wieloretortowego rusztu podsuwowego podaje rys. 4, zdjęcie fotograficzne od strony rusztu dopalającego — rys. 5, a przekrój kotła syst. Rileya — rys. 6. Podany na rysunku kocioł jest jednostką niewielkiej wydajności 27,2 t/h, zbudowaną na 39,4 atn i 400°C, posiadającą sprawność 86,3%. Dane co do wielkości powierzchni ogrzewanych i komory paleniskowej są następujące:



Rys. 5. Ruszt podsuwowy Taylora

powierzchnia ogrzew. kotła	702,0 m²
powierzchnia ogrzew. ekranów komory paleniskowej	118,8 „
powierzchnia ogrzew. podgrzewacza wody	288,0 „
pojemność komory paleniskowej	70,8 m³
jednostkowe natężenie komory paleniskowej	405 000 kcal/m³

Ekrany bocznych ścian w dolnej części komory paleniskowej przykryte są płytami Baileya; wysokość przykrycia nieco większa od najwyższej możliwej krawędzi łoża węglowego.

Działanie rusztów podsuwowych. Wysokość warstwy węgla dochodzi do 500 mm, prędkość przesuwu wynosi w jednoretortowych rusztach ok. 0,8 m/h, w wieloretortowych z konieczności do 4,0 m/h, nadciśnienie poddmuchu do 200 mm sł. w. Świeży węgiel powinien suszyć się i odgazowywać w dolnej części retorty przez ogrzanie od górnej rozżarzonej warstwy koksu. Lotne składniki węgla zapalają się przy przepływie przez górną rozżarzoną warstwę, spalając się już wewnątrz niej i nad nią. Dopływ powietrza w górnej części retorty musi być odpowiednio duży. Koks spala się w górnej części retorty i na bocznych rusztach. Węgiel wytłaczany jest z retort na boki, a na całym ruszcie ma ruch postępowy w dół, schodząc bardzo powoli na ruszt dopalający. Konstrukcja rusztu pozwala na dowolne i dokładne nastawianie ruchu węgla w każdym miejscu łoża i poddmuchu w każdej strefie.

Ruszt podsuwowy jest bardzo elastyczny. Znosi podgrzanie powietrza do 200°C. Sprawność rusztu jest bardzo dobra.

Wadą rusztu jest złe chłodzenie rusztowin (liczba Marcarda 1—3) i w następstwie tego szybki postęp zniszczenia rusztu, szczególnie przy małych obciążeniach.

Kwalifikacja węgla. Najwłaściwszy typ: chudy — ponad 15% składników lotnych lub długopłomienny z lekką spiekalnością. Koksujące węgle, tworzące skorupę, są nieprzydatne, węgiel o b. dużej zawartości składników lotnych zbyt szybko wypala się przy zmianach obciążenia.

Popiół. Pożądana zawartość ok. 8%, najmniejsza 4%, największa 20%; temperatura topliwości ponad 1200°C.

Wilgotność: 8—15%; więcej przy dużej zawartości składników lotnych.

Sortyment: ruszty podsuwowe dobrze znoszą źle sortowany węgiel; przy niespiekających się gatunkach najkorzystniejszy jest groszek do orzecha, przy lekkiej spiekalności miał jest równie dobry.

Wartość opałowa nie ma istotnego znaczenia dla przebiegu spalania, ale odbija się na wydajności cieplnej rusztu.

Postęp zniszczenia rusztu zależy w dużej mierze od właściwości węgla, dlatego staranny dobór węgla i utrzymanie jego niezmiennej jakości są konieczne.

3. 3. Ruszt kaskadowy.

Ruszt kaskadowy został zbudowany do spalania śmieci i odpadków miejskich, ale w krótkim czasie stał się paleniskiem powszechnie stosowanym dla małokalorycznych paliw, w zagłębiach węglowych — dla przerostów i mułu z osadników.

Zestawienie kaskadowego rusztu Martina i dolnej części komory paleniskowej w podłużnym przekroju podane jest na rys. 7. Z kosza *A* przed kotłem węgiel wypychany jest przez łukowy wahadłowy podajnik *B*. Elektryczny silnik napędowy wraz z przekładnią redukcyjną i mechanizmem napędowym rusztowin ustawiony jest przed przednią ścianą kotła. Wentylator podmuchu umieszczony jest w podpiwniczeniu; zimne powietrze przepływa przez komorę po bokach rusztu, ogrzewa się chłodząc ją, po czym wprowadzane jest do przestrzeni strefowych pod rusztem.

Części zespołu: tłokowy podajnik świeżego węgla; pochyłe łoże rusztu, składające się z ruchomych rusztowin, zmontowanych schodkowo, tak napędzanych, że skoki każdej pary schodków są przeciwskierowane a jednocześnie rusztowiny sąsiednie w szeregu mają niewielkie przesunięcia względne; walec, który przylega do dolnej krawędzi łoża i wynosi z łoża żużel. Za walcem żużlowym umieszczona jest zazwyczaj studzienka do wypalania żużla — z cylindrycznymi łamaczami żużla nad wysypem.

Ruszty są budowane o szerokości do 10 m i łącznej długości (ze studzienką) do 9,5 m, o wydajności cieplnej wystarczającej dla kotłów do wydajności 120 t/h.

Działanie rusztu. Wysokość warstwy węgla utrzymywana jest w granicach 150—450 mm zależnie od kaloryczności paliwa; przy wysokich warstwach nadciśnienie poddmuchu dochodzi do 200 mm sł. w. Podczas wędrówki od górnej krawędzi łoża węglowego do walca żużlowego węgiel spada kaskadami ze stopnia na stopień, warstwy są mieszane i wielokrotnie obracane.

Odgazowanie odbywa się w górnej części rusztu tym gwałtowniej, im suchszy jest węgiel. W przedniej ścianie paleniska ponad podajnikiem węgla umieszczone są dysze wtórnego powietrza. Koks spala się w środkowej i dolnej częściach rusztu. Dzięki wielokrotnemu obracaniu i mieszaniu paliwa ruszt stwarza możliwość dobrego spalania przerostów.

Łoże węglowe zazwyczaj mocno iskrzy. Zapłon następuje od dolnego ognia, a częściowo od promieniowania komory paleniskowej.

Ruszt jest b. elastyczny. Sprawność jego jest b. dobra. Trwałość rusztowin jest dobra, szczególnie przy węglu o małej wartości opałowej, który pozwala na spalanie w wysokiej warstwie.

Kwalifikacja węgla. Ruszt jest uniwersalnym paleniskiem, przydatny jest dla węgla kamiennego wszystkich typów z wyjątkiem miału antracytowego, ponadto — dla węgla brunatnego.

Firma Martin tak podaje zakres przydatności rusztu i cieplne natężenie jednostkowe:

a) skała 0—60 mm, zawartość popiołu 50%, wilgotność 7%, wartość opałowa 3200 kcal/kg	770 kg/m²h
b) przerosty 3800 kcal/kg	600 „
c) węgiel brunatny, wilgotność 60%, wartość opałowa 1700 kcal/kg	1100 „
d) muł węglowy z osadników, zawartość popiołu 40%, wilgotność 25%.	

3. 4. Ruszt taśmowy.

Pierwsze taśmowe ruszty były zbudowane ok. 1900 r., konstrukcja była ulepszana stale, po 1925 niezmiernie szybko. Wprowadzono kolejno: poddmuch, podział poddmuchu na strefy, zawieszone sklepienie zapalne, zwisające zgarniacze żużla, wtórne powietrze. Jednocześnie konstrukcja rusztu została wzmocniona i zracjonalizowana, materiały konstrukcyjne należycie dobrane, a poszczególne składowe elementy starannie zaprojektowane i wykonane. W nowoczesnym ruszcie taśmowym poza zasadą działania z prototypu pozostało niewiele.

Obecnie są jeszcze w ruchu ruszty z przed 35 lat. Różnice w działaniu starszych, nowszych i najnowszych konstrukcji są równie wielkie, jak różnice konstrukcyjne.

Nowoczesne ruszty taśmowe mają dużą wydajność i dużą sprawność. Kotły z tymi rusztami budowane są do wydajności 100 t/h; dla większych jednostek paleniska pyłowe mają zdecydowaną przewagę.

Wymiary rusztów:

	Ruszt pojedynczy	Ruszt podwójny
Szerokość	do 12 m	2 × 7,2 m
Długość	do 8 m	do 8,0 m
Powierzchnia	4—90 m²	do 108 m²

Wydajność jednostkowa: do 1 450 000 kcal/m²h, czyli ok. 250 kg/m²h.

Na rys. 8 do 13 pokazane są trzy konstrukcje nowoczesnych kotłów z rusztami taśmowymi i kilka szczegółów budowy rusztów.

Kocioł firmy Oschatz (rys. 8) jest opalany mieszanką miału węglowego i przerostów o dolnej wartości opałowej 4200 kcal/kg. Wydajność 32/40 t/h; parametry pary 36 atn, 420°C. Kocioł wyposażony jest w taśmowy ruszt łuskowy.

Powierzchnia ogrzewana kotła właściwego jest umieszczona całkowicie w komorze paleniskowej. Konwekcyjne powierzchnie ogrzewane: dwupęczkowy przegrzewacz pary z powierzchniowym regulatorem temperatury przegrzewu między pęczkami; stalowy odparowujący podgrzewacz wody; żeliwny żebrowany podgrzewacz wody; żeliwny dwustronnie żebrowany podgrzewacz powietrza (120°C).

W dolnej części komory paleniskowej opłomki ekranów przedniej i tylnej ścian są przykryte zawieszoną na nich szamotą, celem stworzenia przedkomory spalania, zapewniającej łatwy zapłon wilgotnego paliwa i całkowite spalenie przerostów.

Wtórne powietrze wprowadzane jest przez dysze w przedniej i tylnej ścianie w przewężeniu komory.

Rys. 9 podaje trzy rzuty rusztu K. S. G., rys. 10 — szczegół taśmy rusztowej i czołowy widok rusztowiny. Taśma każdego rusztu składa się z 5 łańcuchów, ściągniętych poprzecznymi śrubami, przechodzącymi kolejno przez łańcuchy same oraz rolki dystansowe i toczne; na łańcuchach osadzone są żeliwne kształtki z gniazdami dla czopów rusztowin; odstępy między sąsiednimi łańcuchami są wypełnione i pokryte poprzecznymi szeregami rusztowin.

Na rys. 11 pokazany jest w trzech rzutach kocioł firmy Steinmüller, zbudowany na miał węglowy 0/12 mm o wartości opałowej ok. 5200 kcal/kg. Wydajność 40/50 t/h; parametry pary: 42 atn, 450°C. Kocioł posiada pojedynczy taśmowy ruszt Steinmüllera. Podział i rozkład powierzchni ogrzewanej taki, jak podany dla kotła Oschatz na rys. 8, z tą różnicą, że nie ma tu podgrzewacza powietrza. Komora paleniskowa jest w dolnej części inaczej ukształtowana — przedkomora dla miału o zwykłej wartości opałowej i zwykłej wilgotności byłaby zbędna wzgl. szkodliwa. Dysze wtórnego powietrza umieszczone są w przedniej i tylnej ścianach komory.

Ruszt konstrukcji Steinmüllera w jednym przekroju pokazany jest na rys. 12. Konstrukcja taśmy rusztowej różni się bardzo od poprzednio opisanej. Taśma posiada 4 łańcuchy, na nich oparte są ramki, składające się każda z dwóch poprzecznych profilowych dźwigarów, związanych rozpórkami i przekątnymi cięgłami; podłużnie ułożone rusztowiny są nanizane na poprzeczne dźwigary, wykroje w rusztowinach są dopasowane do profilu dźwigarów, a stykające się powierzchnie dwóch posobnych rzędów — przednia i tylna — są uzgodnione.

Pomimo dużych wymiarów 6400×7200 mm i pozornie skomplikowanej budowy ruszt nie nastręcza w ruchu trudności, postęp wycierania części składowych taśmy jest mały.

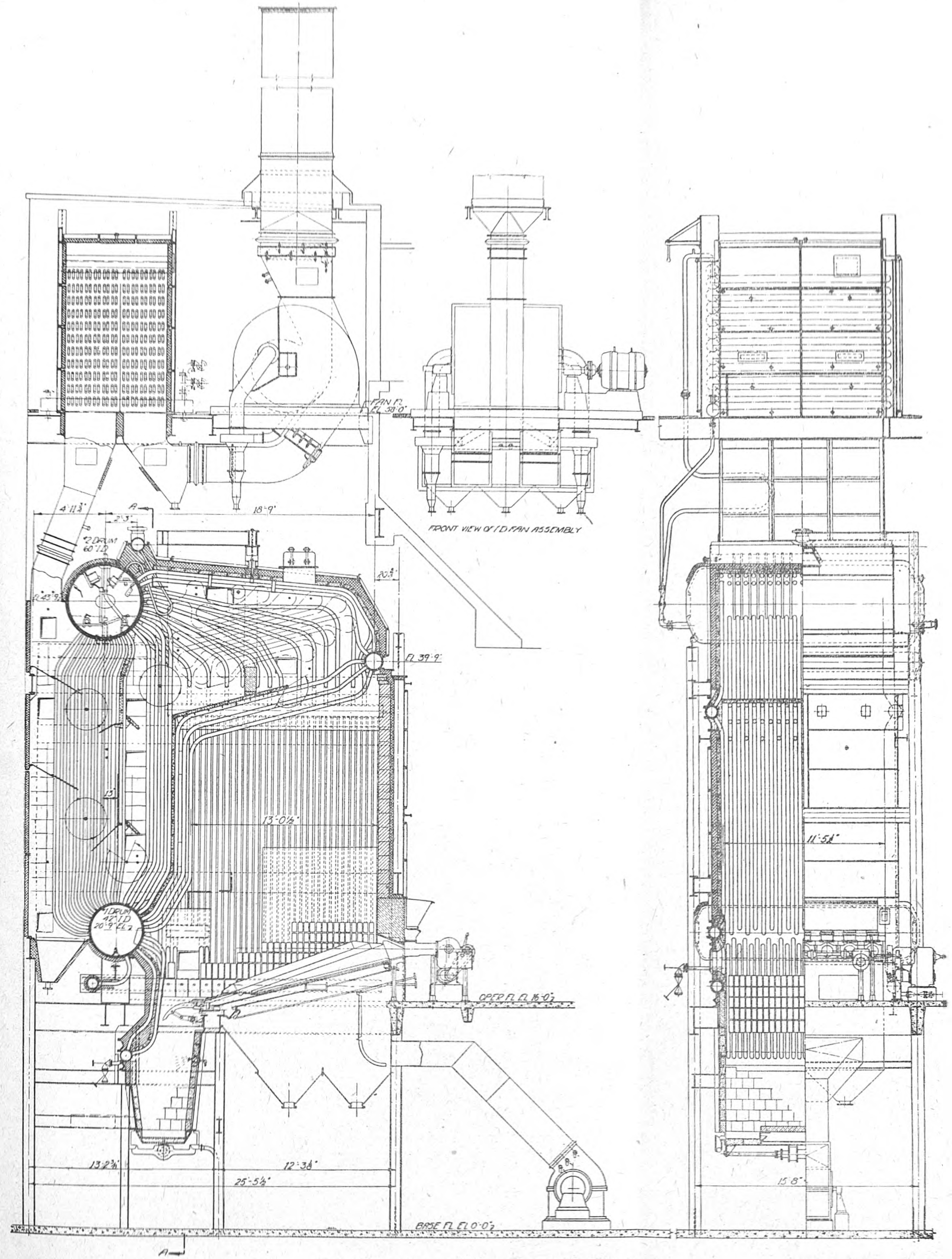
Na rys. 13 pokazany jest podłużny przekrój kotła z rusztem taśmowym syst. Rileya. Wydajność 50 t/h; parametry pary: 33,6 atn, 400°C. Kocioł, jak można wnosić z ukształtowania komory paleniskowej, jest zbudowany na paliwo o dużej zawartości składników lotnych i łatwym zapłonie, zawierające dużo popiołu (przerostów) i trudno wypalające się. W przedniej ścianie umieszczony jest palnik ropny. Zasady konstrukcji są jednakowe z przyjętymi w Europie, natomiast różnice wykonania są duże: kocioł właściwy ma dużą powierzchnię konwekcyjną; wężownice przegrzewacza są gięte w całkowicie odmienny sposób; podgrzewacze wody i powietrza są wyodrębnione z bloku kotła; podgrzewacz powietrza wykonany jest z prostych stalowych rur.

Zestawienie liczb, charakteryzujących trzy kotły z rusztami taśmowymi, podaje tabl. II. Kocioł Oschatza ma wyjątkowo duże — komorę paleniskową i konwekcyjne powierzchnie ogrzewane. Można przypuszczać, że wielkości te są bardzo przesadzone bez korzyści dla działania kotła, a powodują znaczne podniesienie ceny zespołu.

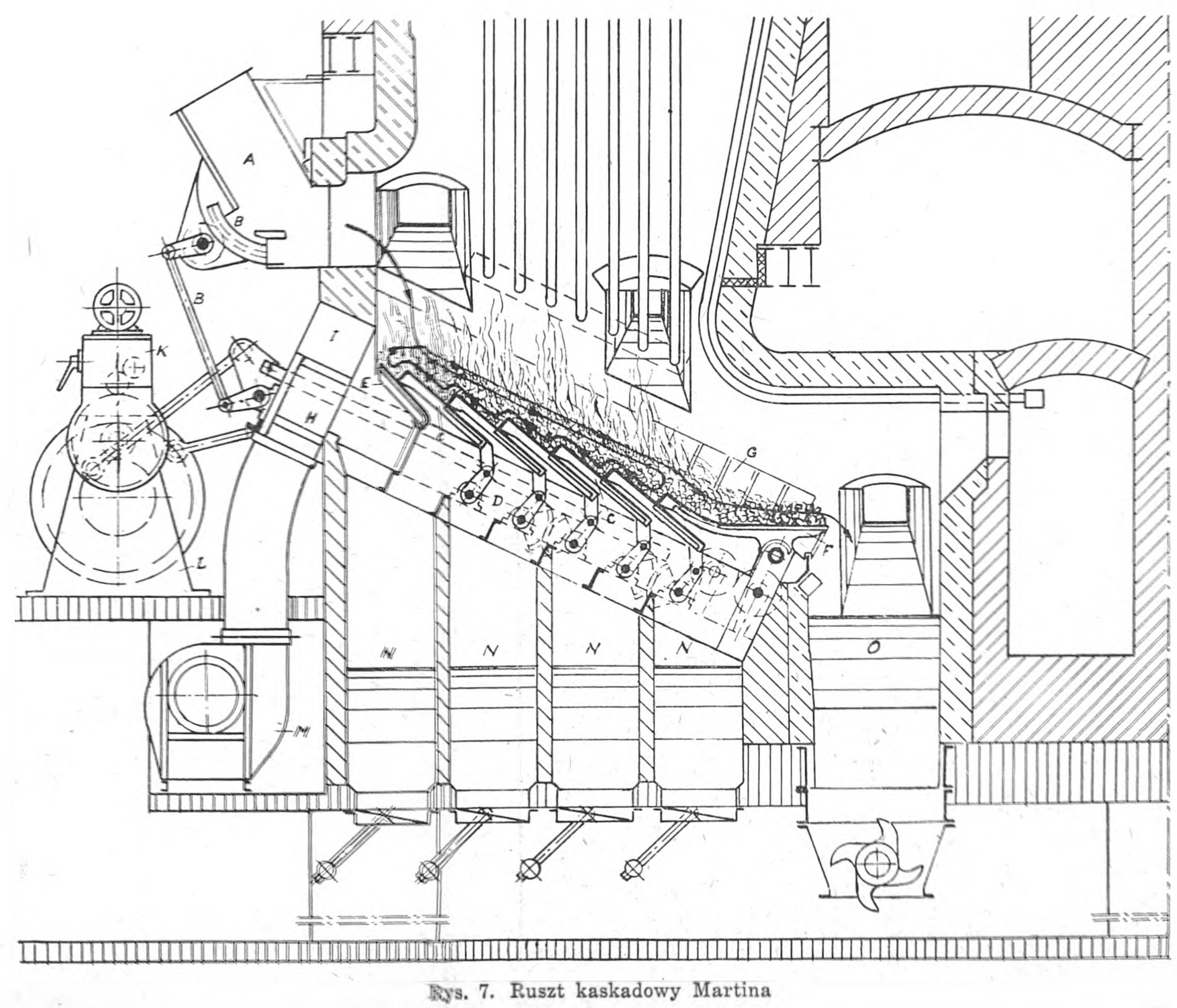
Działanie rusztu. W miarę posuwu węgiel przechodzi przez wszystkie fazy spalania od suszenia poprzez odgazowanie do powierzchniowego spalania i zgazowania koksu.

Zapłon węgla ma kierunek odgórny, następuje dzięki promieniowaniu zapłonowego sklepienia i atmosfery paleniska.

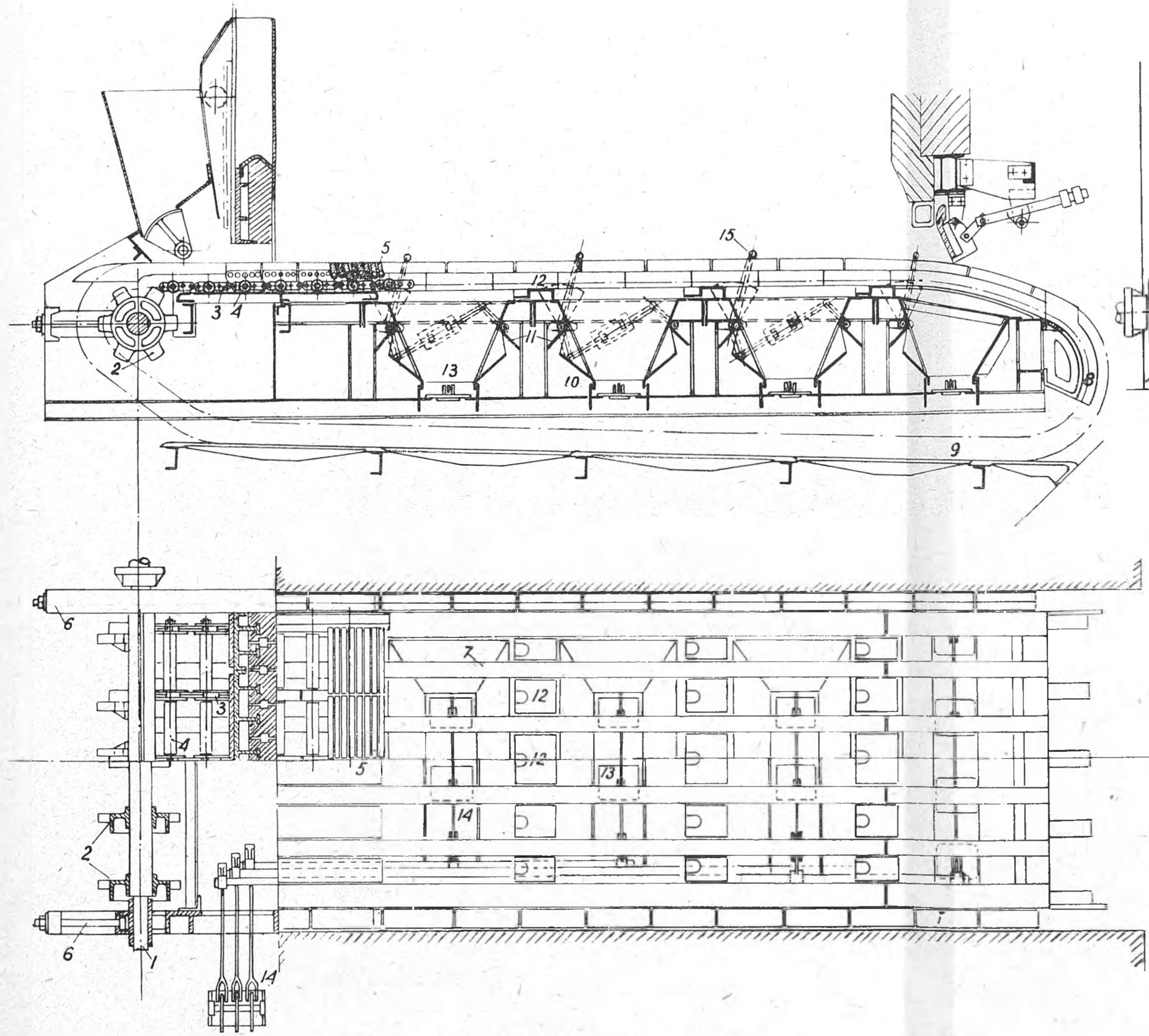
Regulacja wydajności jest powolna w porównaniu z innymi typami palenisk. Działanie rusztu zależy w ogromnej



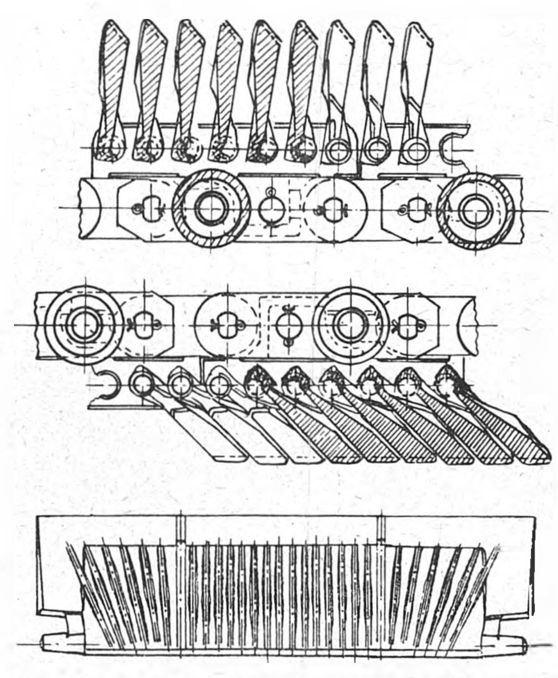
Rys. 6. Kocioł z rusztem podsuwowym Rileya



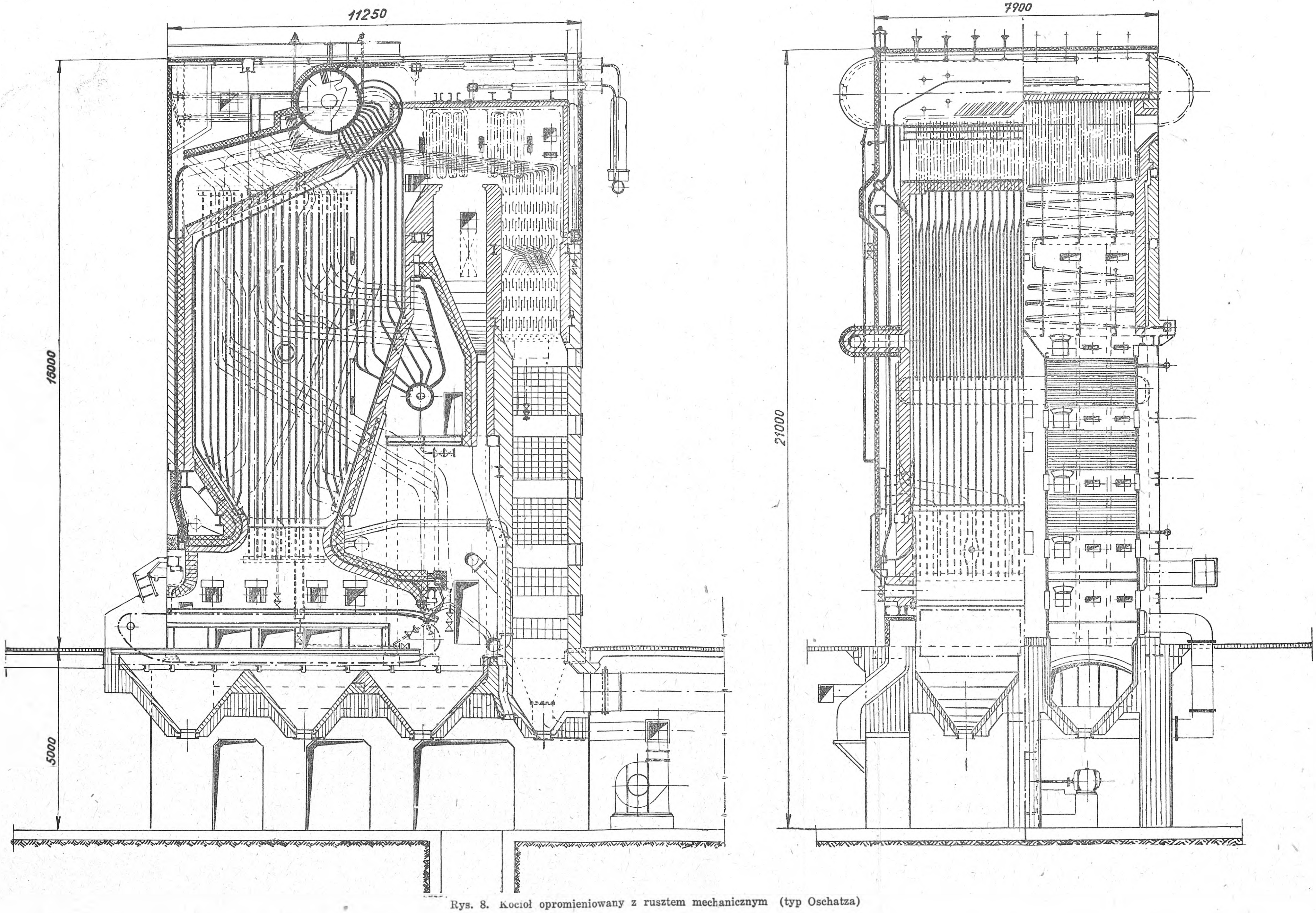
Rys. 7. Ruszt kaskadowy Martina



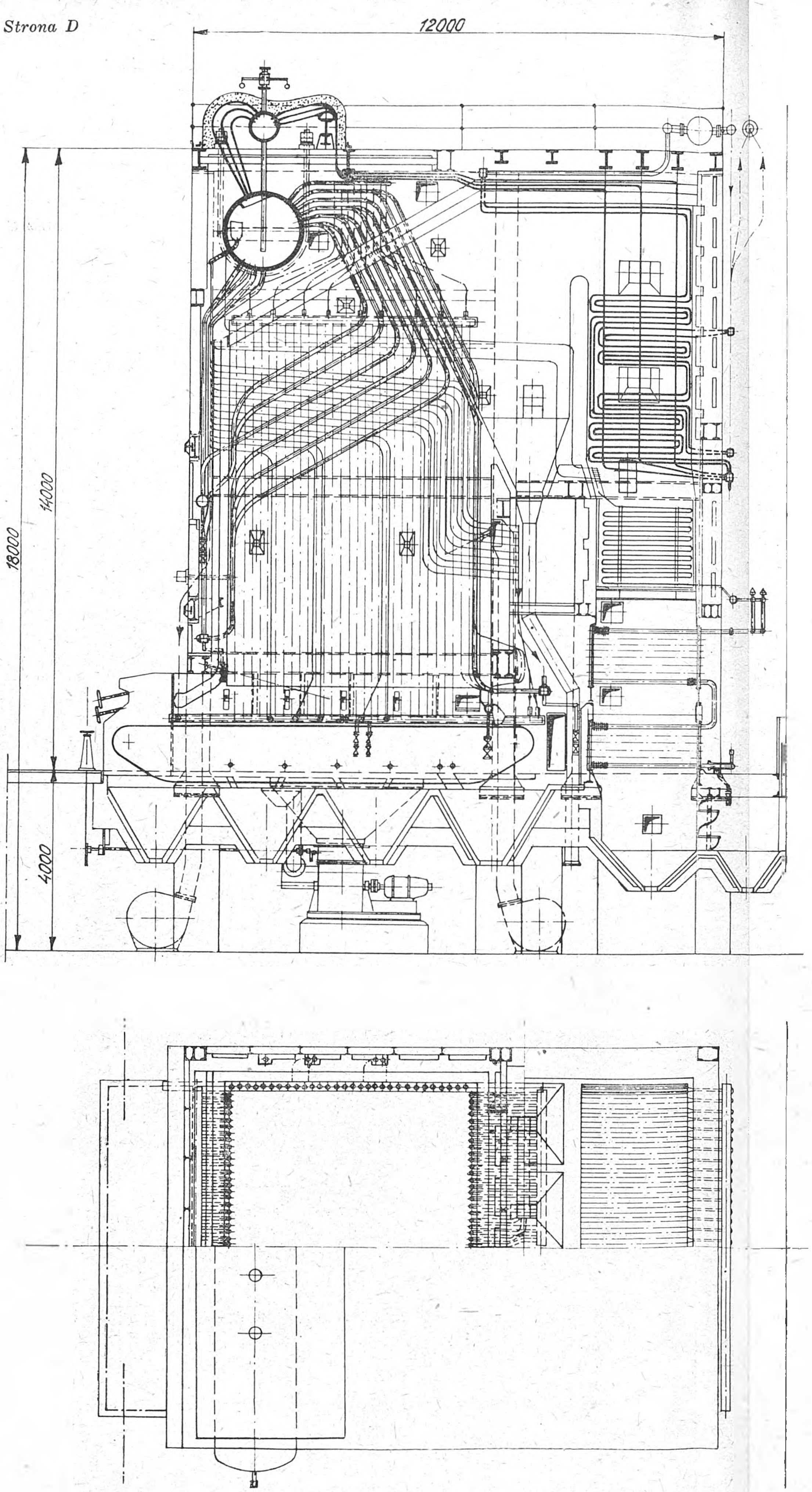
Rys. 9. Ruszt taśmowy firmy K. S. G.

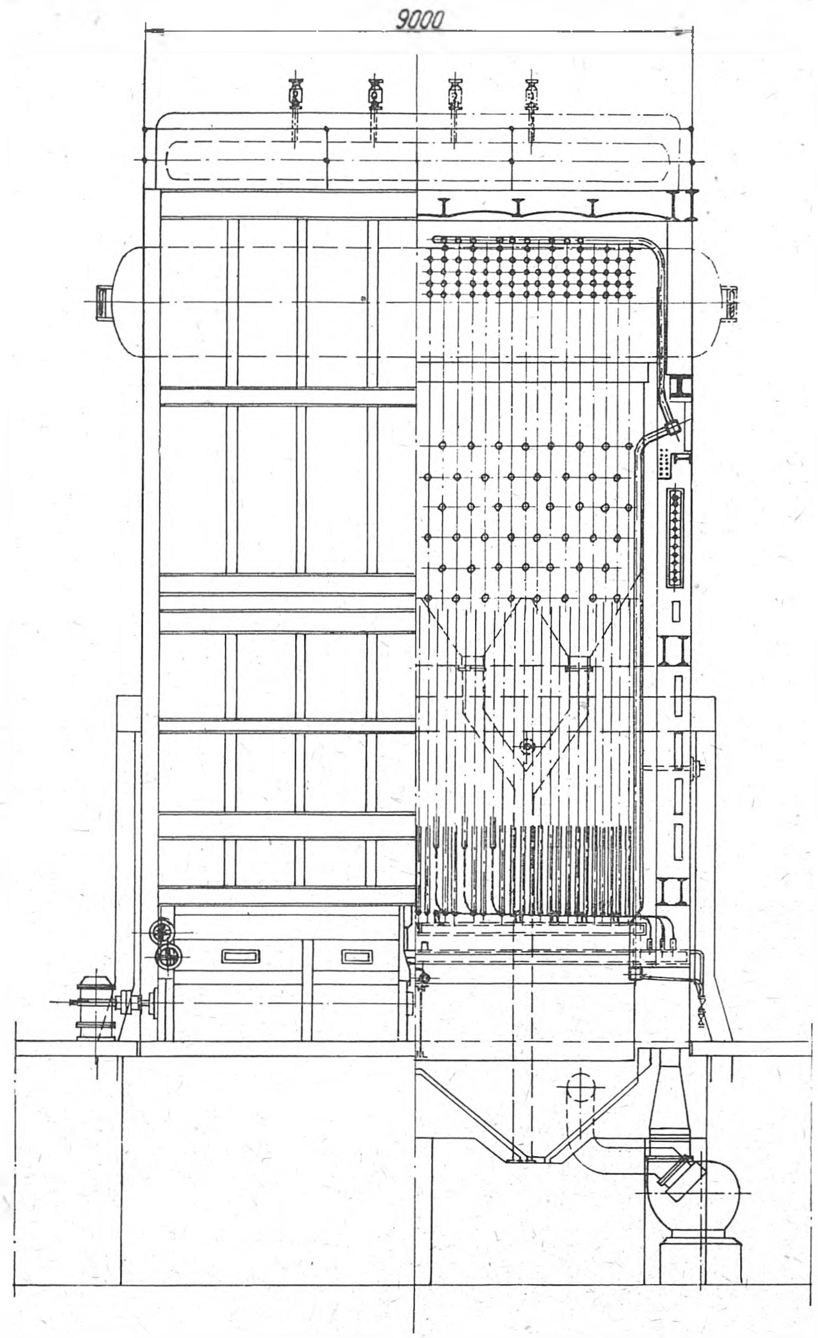


Rys. 10. Taśma rusztowa i rusztowina (do rys. 9)

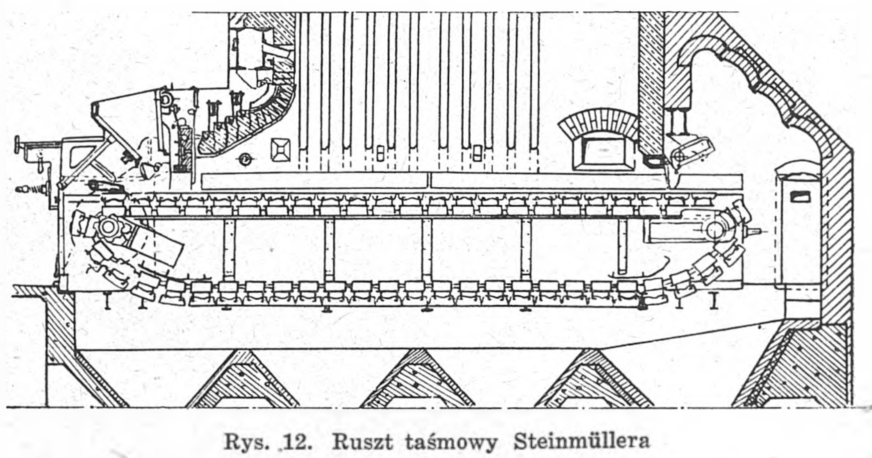


Rys. 8. Kocioł opromieniowany z rusztem mechanicznym (typ Oschatza)

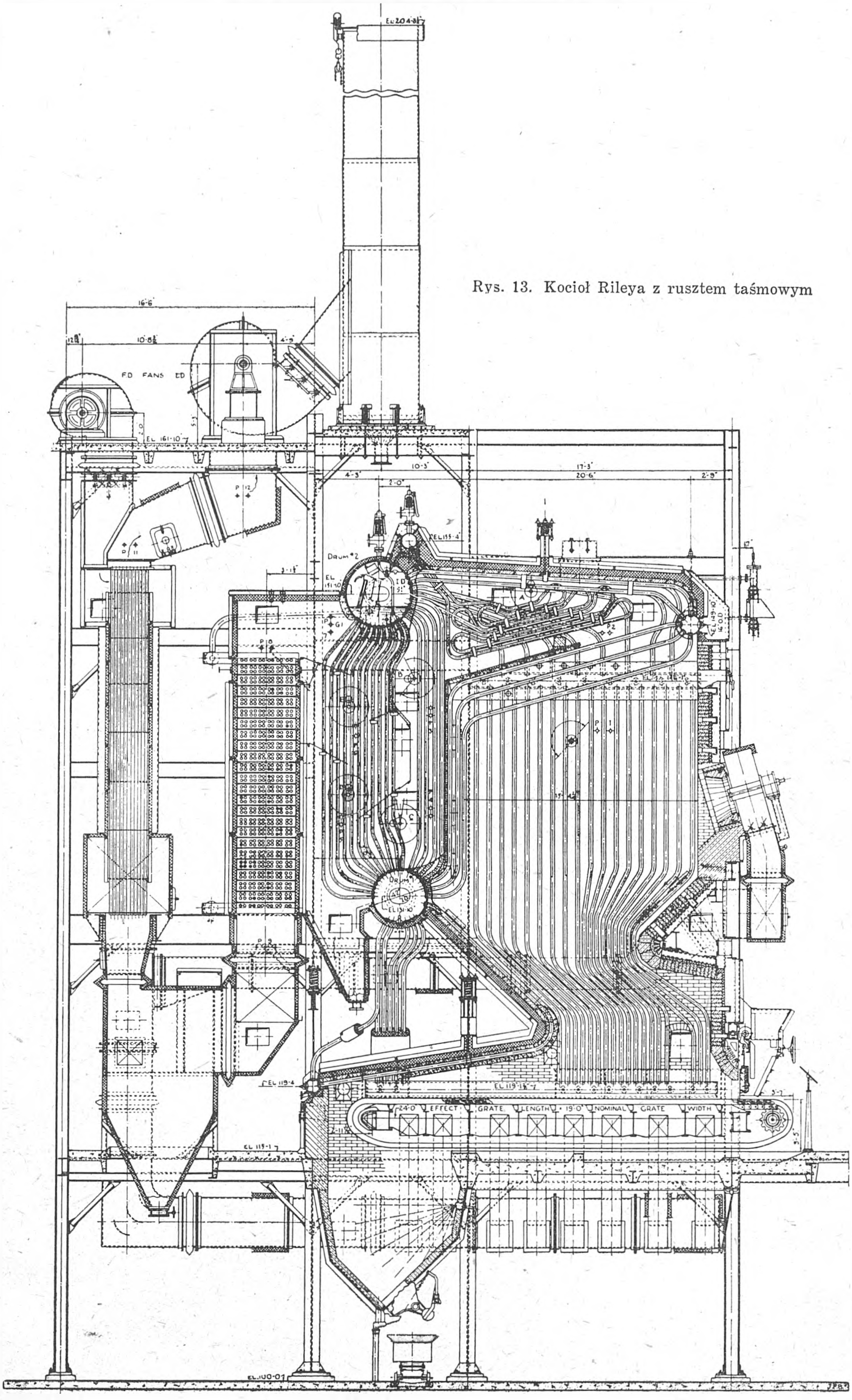




Rys. 11. Kocioł stromorurkowy z rusztem taśmowym



Rys. 12. Ruszt taśmowy Steinmüllera



Rys. 13. Kocioł Rileya z rusztem taśmowym

mierze od konstrukcji, warsztatowego wykonania i konserwacji.

Dużą zaletą palenisk rusztowych w porównaniu z pyłowymi jest kawałkowy żużel i gruboziarnisty łatwy do wytrącenia ze spalin popiół lotny.

Kwalifikacja węgla dla nowoczesnego ekranowanego paleniska. Nowoczesny ruszt taśmowy jest paleniskiem uniwersalnym, zdolnym do spalania węgla różnych typów od długo- do krótkopłomiennego, od miału 0/10 mm do orzecha 30/40 mm, od węgli małopopiołowych do przerostów. Najkorzystniejszym typem węgla jest węgiel długopłomienny. K. Beck w 1939 r. podał osiągalne jednostkowe wydajności i potrzebne długości rusztu, wyznaczone z pomiarów, dla węgla różnych typów:

Typ węgla	Jednostkowa wydajność (10^6 kcal/m²h) orzech	miał	Długość rusztu (m)
Chudy	1,2 — 1,3	0,7 — 0,9	5,0 — 6,0
Krótkopłomienny	1,2 — 1,3	0,8 — 1,0	5,2 — 6,2
Koksujący	1,3 — 1,35	1,1 — 1,2	5,5 — 6,6
Gazowy i długopłomienny	1,3 — 1,45	1,1 — 1,2	5,8 — 7,0

Długopłomienny węgiel ma niewątpliwą przewagę nad innymi gatunkami; wadą jego jest znaczna ilość lotnego koksiku, wskutek czego spiekalność chociażby słaba jest pożądana.

Wartość opałowa węgla. Za dolną granicę przydatności przyjmuje się 4200 kcal/kg, przy mniejszej wartości opałowej zapłon węgla może już powodować trudności.

Popiół. Obecność popiołu w węglu jest konieczna dla ochrony rusztu od promieniowania komory paleniskowej; niezbędne minimum stanowi 4%, pożądana zawartość ok. 8%, możliwe maksymum 25%, ewentualnie więcej przy niezłośliwym popiele. Wysoka temperatura topliwości popiołu nie jest potrzebna, wystarcza 1100—1150°C.

Wilgotność. Taśmowy ruszt znosi wilgotność węgla do 25%; duża wilgotność opóźnia zapłon, może więc obniżyć największą wydajność rusztu.

Sortymenty powyżej 50 mm są nieprzydatne; najkorzystniejsze są groszki i grysiki, ale miał również spala się dobrze.

Starsze ruszty taśmowe są nieporównanie wrażliwsze na jakość węgla, tym bardziej — im gorsze są konstrukcja i wykonanie; dlatego podanie uniwersalnej recepty nie jest możliwe.

Kwalifikacja węgla dla starszych rusztów taśmowych. Taśmowe ruszty bez poddmuchu i z poddmuchem bezstrefowym nie znoszą miału, względnie spalają go źle, ze zmniejszeniem wydajności i sprawności; najkorzystniejszym sortymentem są grysiki i groszki.

Najkorzystniejszym typem węgla jest węgiel krótkopłomienny. Duża zawartość składników lotnych staje się szkodliwą, ponieważ prawdopodobieństwo spalenia ich bez wtórnego powietrza — przy chronicznym niedomiarze pierwotnego powietrza w przedniej części komory — jest małe, natomiast udział składników lotnych w niszczeniu sklepienia zapłonowego i obmurza przedniej ściany jest duży, a dymienie kominów przy złym spalaniu długopłomiennego węgla jest b. dotkliwe.

Zawartość popiołu w węglu jest bez większego znaczenia, podobnie jak dla nowoczesnych rusztów taśmowych. Temperatura topliwości popiołu powinna być jak najwyższa, ponieważ b. duże cieplne natężenie paleniska i związana z tym wysoka temperatura w komorze spalania powodują przy złośliwym popiele zalewanie rusztu przez płynny żużel i zalepianie prześwitów między opłomkami (zażużlowywanie).

Wilgotność węgla do kilkunastu procentów jest raczej pożądana, bo zmniejsza gwałtowność odgazowania węgla; nadmierna wilgotność może opóźnić zapłon, co przy krótkich rusztach obniżałoby maksymalną wydajność cieplną rusztu.

Konsekwencje źle dobranego węgla dla taśmowego rusztu starej konstrukcji mogą być b. dotkliwe, a występują zazwyczaj jednocześnie. Są to: zmniejszenie wydajności i sprawności, skrócenie czasu pracy kotła między kolejnymi czyszczeniami, zwielokrotnienie postępu niszczenia komory paleniskowej i rusztu.

Tablica II. Porównanie kotłów z rusztami taśmowymi różnej budowy

		Oschatz	Steinmüller	Riley
Wydajność kotła	t/h	32/40	40/50	40/50
Powierzchnie ogrzewane:				
całkowita kotła	m²	502	460	1 094
ekranów w komorze paleniskowej	m²	502	460	156
przegrzewacza pary	m²	450	602	?
podgrzewacza wody stalowego	m²	242	580	464
„ „ żeliwnego	m²	1 875	2 340	0
podgrzewacza powietrza	m²	393	0	780
Komora paleniskowa:				
pojemność	m³	294	215	191,8
natężenie jednostkowe	kcal/m³	96 000	186 000	201 000
Ruszt:				
długość	m	7,0	7,20	7,32
szerokość	m	2,8 × 2	6,45	5,78
powierzchnia czynna	m²	39,2	46,4	42,3

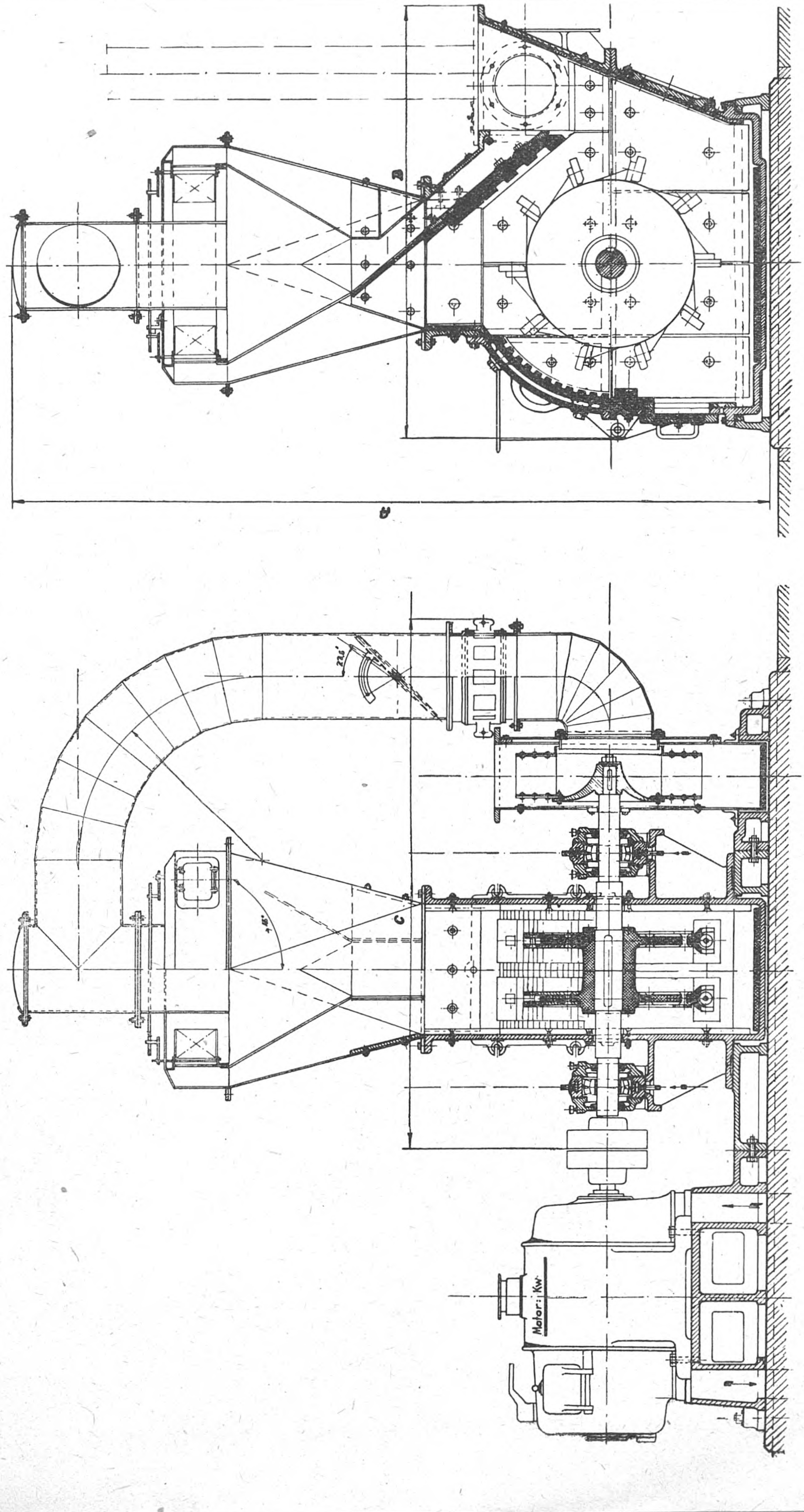
3. 5. Paleniska pyłowe.

Pierwsze kotły pyłowe były zbudowane w 1918 r., pierwsza elektrownia pyłowa — w 1920 r. w Lakeside, ale przełomową datą był 1921 r., w którym Murray zbudował pierwszy górny ruszt granulacyjny, a wkrótce potem — pierwsze ekrany chłodnicze na bocznych ścianach komory paleniskowej; te dwa całkowicie nowe elementy otworzyły nowe drogi i możliwości dla konstrukcji kotłów w ogóle, a palenisk pyłowych w szczególności. Dalsze postępy w budowie palenisk pyłowych były niezmiernie szybkie; już w 1930 r. paleniska te zajęły dominujące stanowisko, w następnych latach ilościowy udział pyłowych palenisk w nowobudowanych kotłach stale wzrastał. Np. w Niemczech w 1941 r. zbudowano:

kotłów pyłowych z palnikami	57,0%,
„ „ bezpalnikowych (Krämera)	13,5 „ ,
kotłów z rusztem taśmowym na węgiel kamienny	23,0 „ ,
„ „ „ „ „ brunatny	5,0 „ ,
kotłów z rusztami kaskadowymi	1,5 „ ,

Paleniska pyłowe nadają się do kotłów o wydajności ponad 30 t/h, a stanowią w Europie jedyne rozwiązanie dla jednostek ponad 100 t/h. W USA granica wyłączności kotłów pyłowych jest wyższa, ponieważ ruszty podsuwowe budowane są dla kotłów do 140 t/h, a przy dwustronnym palenisku — jeszcze wyżej.

Największą wadą paleniska pyłowego jest plaga popiołu lotnego o ziarnistości 5—50 μ opanowana dotąd połowicznie. Doniosłość tego zagadnienia uwypukla przykładowe obliczenie ilości popiołu lotnego w dużej elektrowni o mocy 300 MW. Przy czasie użytkowania mocy szczytowej 5500 h/rok elektrownia spala 900 000 t/rok miału węglowego; przy zawartości w węglu tylko 12% popiołu będzie wyrzucane przez kominy, względnie wychwycone z elektrofiltrów ok. 90 000 t/rok, a więc 10 t/h lotnego popiołu.



Rys. 14. Młyn typu „Pneumunit W. P.“ o wydajności 5 t/h

Konstrukcyjny rozwój palenisk pyłowych doprowadził do zróżniczkowania konstrukcji. Dzisiaj rozróżniamy:

1) paleniska na żużel zgranulowany palnikowe,
„ „ „ „ bezpalnikowe (Krämera);

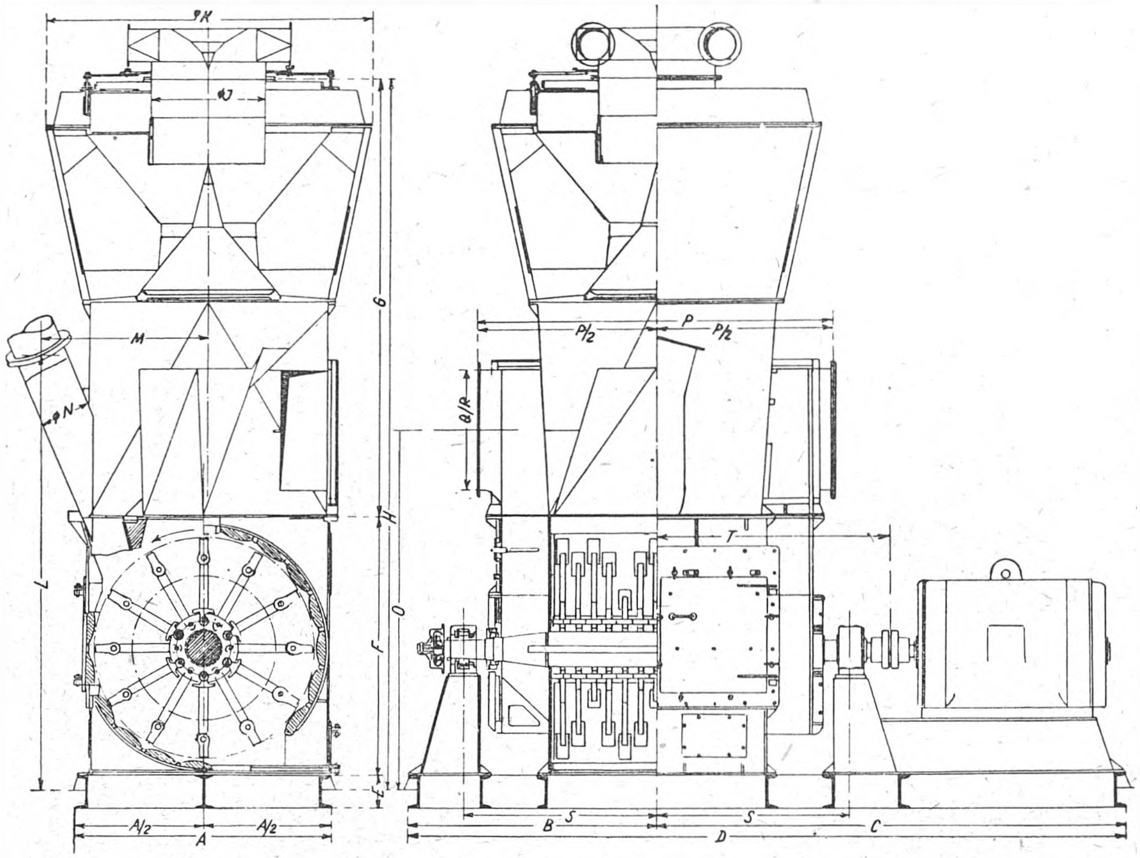
2) paleniska na płynny żużel:
a) z misą żużlową,
b) ze wstępną komorą żużlową.

Mielenie węgla. Drobność przemiału węgla jest decydującym czynnikiem w procesie spalania; z drugiej strony — koszt przemiału jest b. ważkim składnikiem w kosztach ruchu kotła pyłowego. Drobny pył spala się szybko i całkowicie, ale drobny przemiał powoduje duże ścieranie młyna i duży rozchód pracy napędowej, zatem — drobność pyłu trzeba ograniczyć do rzeczywistej potrzeby kotła.

Doświadczenie wykazało, że wycieranie młyna zależy nie tylko od drobności przemiału, ale i od węgla, mianowicie jego własności, którą można by nazwać erozyjnością w stosunku do żelaza (staliwa); liczbowej miary tej właściwości nie ma. Erozyjność węgla zależy rzekomo od ilości i struktury zawartych w nim pirytów.

Węgiel w młynach jest suszony przez doprowadzone gorące powietrze, lub przy dużych wilgotnościach — mieszankę gorącego powietrza i spalin. Skuteczność suszenia jest ograniczona, dlatego młyny są wrażliwe na wilgotność węgla; przy dużej wilgotności wydajność młyna zmniejsza się coraz szybciej, węgiel zaczyna „mazać się" w młynie.

Bunkrowanie pyłu jest związane z mniejszym lub większym, zależnie od właściwości węgla, niebezpieczeństwem samozapłonu i eksplozji. Im węgiel jest geologicznie młodszy i, jak się przypuszcza, im więcej zawiera pirytów, tym większa jest jego skłonność do samozapłonu. Liczbowej miary tej właściwości węgla dotąd nie ma.



Wydajność i wymiary młyna

Typ	Wydajność kg	Moc kW	min	Powietrze za odsiewaczem m³/sek.	A	B	C	D	E	F	G
65/35	600	8	1450	0,49	900	950	1500	2450	220	925	1325
65/50	850	12	1450	0.70	900	1050	1700	2750	220	925	1475
100/45	1150	16	950	0.96	1300	1100	1800	2900	240	1280	1550
100/56	1400	22	950	1.20	1300	1200	2000	3200	240	1280	1770
100/79	1850	30	950	1.70	1300	1350	2325	3675	240	1280	2100
100/100	2400	40	950	2.13	1300	1475	2575	4050	240	1280	2370
130/110	3200	52	730	3.07	1550	1675	2700	4375	240	1650	2700
130/130	4000	64	730	3.60	1550	1790	3075	4865	240	1650	2985
165/130	5000	80	580	4.60	1950	1825	3375	5200	240	2000	3400

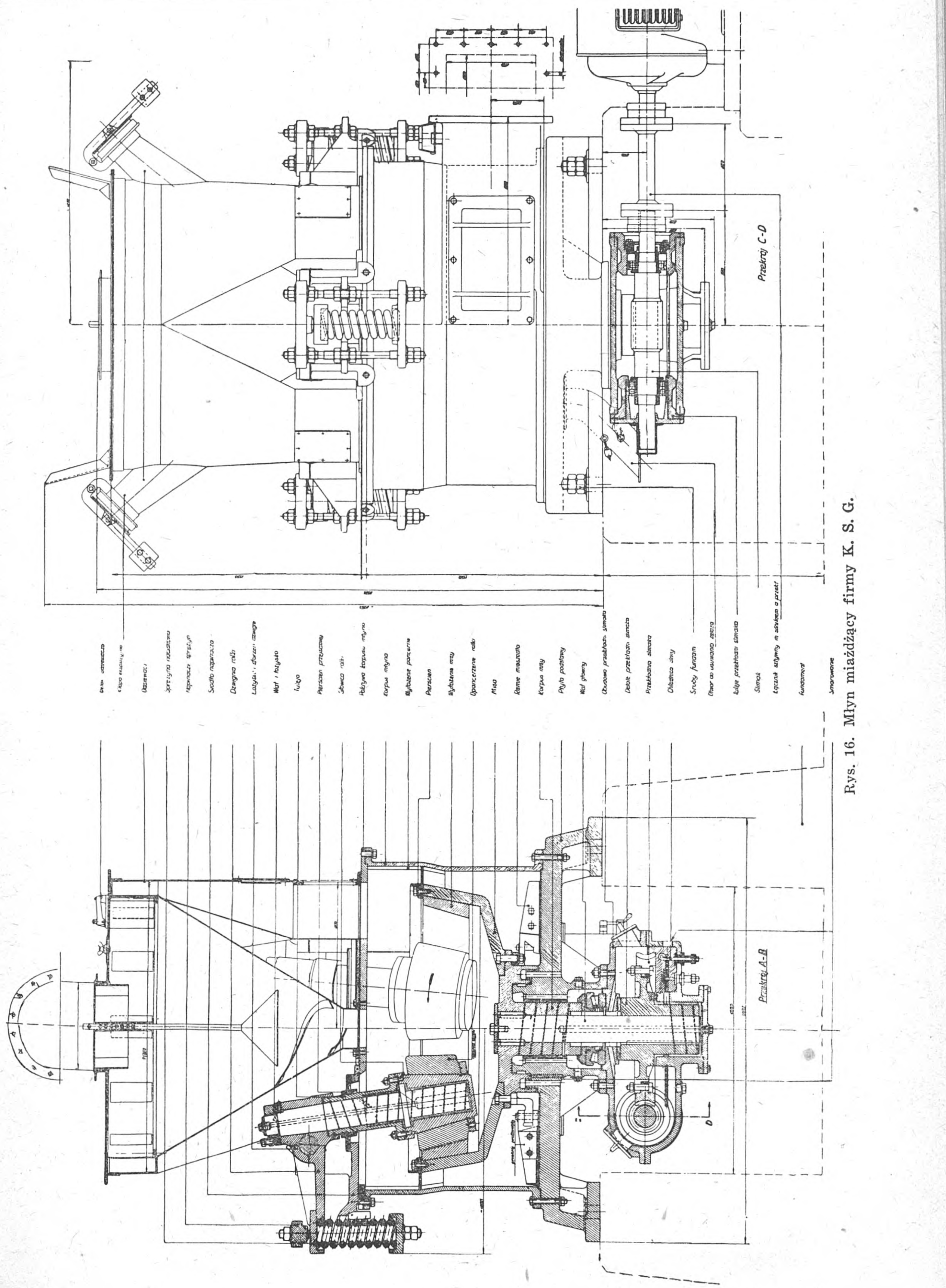
Rys. 15. Młyn cepowy Krämera (Babcock, Oberhausen)

Budowane obecnie młyny węgla można według zasady działania podzielić na 4 grupy:

Typ	Jednostkowa wydajność (t/h)	Najwieksza wilgotność (%)
Bijakowy	do 10	do 16%
„ Krämera bez odsiewacza	do 6	do 20 „
Miażdżący	do 12	do 14 „
Kulowy	5—30	do 20 „

Na rys. 14, 15, 16 i 17 podane są cztery najbardziej rozpowszechnione typy młynów.

Bijakowy młyn na rys. 14 pokazany jest w dwóch przekrojach łącznie z odsiewaczem, wentylatorem i silnikiem



Rys. 16. Młyn miażdżący firmy K. S. G.

napędowym. Zaletą typu jest taniość, łatwość wykonania, prostota ruchu; wadą — szybkie wycieranie się bijaków w ruchu (300—450 h) i związany z tym duży rozchód materiału i robocizny.

Na rys. 15 pokazany jest również bijakowy młyn, całkowicie odmiennej konstrukcji. Jest to młyn cepowy Krämera w wykonaniu firmy Babcock (Oberhausen), która nad młynem dodała odsiewacz grubego ziarna. Zasadnicze różnice w porównaniu z poprzednią konstrukcją: nadciśnienie w młynie, usuwające potrzebę wentylatora, odmienna konstrukcja wirnika. Pierwotne powietrze, doprowadzane do młyna, musi mieć odpowiednio wyższe ciśnienie, co jest wykonalne jedynie kosztem podwyższenia sprężu wentylatorów zimnego powietrza.

Miażdżący młyn w wykonaniu Kohlen-Scheidungs-Gesellschaft pokazany jest na rys. 16. Jest to młyn pracujący w podciśnieniu, posiadający własny wentylator w takim układzie, jak pokazany na rys. 14. Młyn jest kosztowniejszy od poprzednich, znacznie trudniejszy w wykonaniu, ale trwalszy od młynów bijakowych: rolki wymagają kontroli i drobnych poprawek co 3 miesiące, pierścień miednicy — wymiany co 6 miesięcy.

Na rys. 17 pokazany jest młyn kulowy w nowym wykonaniu firmy Humboldt w Kolonii. Charakterystyczne dla tej konstrukcji jest podjęcie ciężaru młyna w dwóch wielkich łożyskach ślizgowych, chłodzonych wodą. Młyny kulowe stosowane są obecnie często jako młyny indywidualne dla średnich i dużych jednostek kotłowych.

Całkowity koszt przemiału (z obciążeniami kapitałowymi) w okresie wojny w Niemczech wynosił wg Münzingera:

		Centralne młynownie	Indywidualne młyny
Czas użytkowania	24 h/24 h	1,6 RM/t	—
„ „	15 h/24 h	1,75 „	—
„ „	7 500 h/rok	—	0,75 RM/t
„ „	3 000 h/rok	—	1,05 „

Działanie paleniska pyłowego. Dla palenisk pyłowych wszystkich odmian charakterystyczne i wspólne jest spalanie ziarenek pyłu w locie.

Pył jest wprowadzany do komory w strumieniu pierwotnego powietrza, na wylocie z palników miesza się ze strumieniem wtórnego powietrza; zapłon pyłu następuje dzięki promieniowaniu komory i mieszaniu się pyłu ze spalinami; dla pewnego i szybkiego zapłonu konieczne jest podgrzanie powietrza. Przebieg spalania pyłu jest taki, jak dla innych sortymentów, a więc każde ziarno zostaje wysuszone, odgazowane, a potem koks zgazowany i spalony. Czas spalania decyduje o wymiarach komory paleniskowej.

Późny zapłon i przewlekłe spalanie obniżają sprawność kotła i powodują żużlowanie ekranów i granulacyjnych rusztów w komorze paleniskowej, szczególnie przy niedostatecznym ekranowaniu, względnie przy niskiej temperaturze topliwości popiołu.

Drobny przemiał skraca czas spalania w stosunku odwrotnym do kwadratu promienia równoważnej kulki.

Ciepło, wywiązywane ze spalania pyłu, oddawane jest na drodze promieniowania ekranom komory paleniskowej; dlatego przeciętna temperatura w komorze jest znacznie niższa od teoretycznej. Dostateczne wymiary komory i dobre jej wychłodzenie przez ekrany decydują o ruchu kotła.

Palenisko pyłowe nie znosi obciążeń poniżej 40% nominalnego: przy mniejszych obciążeniach powstaje niebezpieczeństwo urwania się płomienia.

Paleniska pyłowe wymagają odpylania spalin, które unoszą ok. 80% popiołu wprowadzonego w węglu; najczęściej stosowane są elektrofiltry; cyklonowe odpylacze nie wytrącają ziaren poniżej 50 μ, które stanowią ogromną większość.

Palenisko Krämera różni się tym od zwykłego, że młyn nie ma odsiewacza, przyłączony jest wprost do komory paleniskowej, wdmuchuje do niej pył przez okienko w obmurzu (bez palników). Palenisko ma gorszą sprawność, ale jest tanie i proste w eksploatacji; zbudowane było dla brunatnego węgla, jednakże stosowane jest również dla kamiennego w mniejszych jednostkach kotłowych.

Paleniska pyłowe na żużel granulowany. Kocioł z paleniskiem Krämera na miał węglowy w wykonaniu firmy Borsig w Berlinie jest pokazany na rys. 18. Wydajność 20/25 t/h; parametry pary: 16 atn, 350° C. Jest to kocioł bezpalnikowy o bardzo prostej konstrukcji samego kotła i młyna wykonanego bez odsiewacza. Przemiał i przebieg spalania są gorsze niż w pyłowych kotłach zwykłej konstrukcji, ale całkowicie zadowalające. Dla jednostek małej wydajności konstrukcja była wielokrotnie powtarzana.

Pyłowy kocioł dużej wydajności 80/100 t/h, a bardzo prostej konstrukcji w wykonaniu firmy Borsig w Berlinie pokazany jest na rys. 19. Kocioł wyposażony jest w 3 młyny miażdżące K. S. G., pokrywające każdy 1/3 największego trwałego obciążenia. Wymiary bloku kotłowego są mniejsze, a natężenie jednostkowe powierzchni ogrzewanej większe niż dla innych konstrukcji jednakowej wydajności. Kocioł jest tani, wyniki ruchu są dobre.

Kocioł firmy Babcock (Oberhausen) pokazany jest na rys. 20; ma on wydajność jednakową z poprzednio omówionym. Wymiary kotła są znacznie większe. Kocioł posiada 3 młyny ciśnieniowe Krämera z odsiewaczami, każdy obliczony na 1/2 największej trwałej wydajności. Wyniki ruchu dobre.

Na rys. 21 pokazany jest kocioł o wydajności 115/145 t/h w wykonaniu firmy Wolf (Buckau). Parametry pary 125 atn, 500°C. W ciągu konwekcyjnym umieszczony jest wtórny przegrzewacz pary, pracujący przy ok. 40 atn. Konstrukcja kotła jest bardziej skomplikowana od poprzednio omówionych. Kocioł właściwy umieszczony jest całkowicie w komorze paleniskowej; charakterystyczne dla tego wykonania są zwrotne rury dla wody, łączące górne zbiorcze komory ekranów z dolnymi. Przegrzewacz pary składa się z 3 pęczków: środkowy na rysunku jest pierwszym w przepływie pary, drugi pęczek jest tzw. przegrzewaczem opromieniowanym (grodziowym) i wypełnia górną część komory paleniskowej; trzeci pęczek — ostatni na rysunku jest, jak pierwszy, pod powierzchnią konwekcyjną. Między drugim i trzecim pęczkami umieszczony jest natryskowy regulator temperatury pary. W pierwszym ciągu konwekcyjnym umieszczone są wtórny przegrzewacz pary i stalowy podgrzewacz wody, a w drugim — blaszany podgrzewacz powietrza. Palniki narożnikowe w układzie Wooda.

Do przemiału węgla służy młyn kulowy, ustawiony w piwnicy. Miał węglowy jest podawany z zasobnika do młyna przez przenośnik taśmowy; do przedniej głowicy młyna doprowadzane są spaliny z komory paleniskowej i gorące powietrze, regulowane w dowolnym stosunku. Mieszanka pyło - powietrzna z przedniej głowicy młyna przechodzi przez odsiewacz grubego ziarna i 4 równolegle włączone cyklony, w których wypada pył; powietrze z resztkami pyłu zasysane jest do wentylatora obiegowego i dalej wytłaczane do podajników pyłu, połączonych z palnikami. Pył z cyklonów spada do bunkrów gotowego pyłu przez podajniki skrzydełkowe.

W górnej części rysunku pokazany jest osiowy wentylator zimnego powietrza, a nad nim — elektrostatyczny odpylacz spalin.

Kocioł był zaprojektowany na mało-kaloryczny miał węglowy o znacznej zawartości nisko-topliwego popiołu.

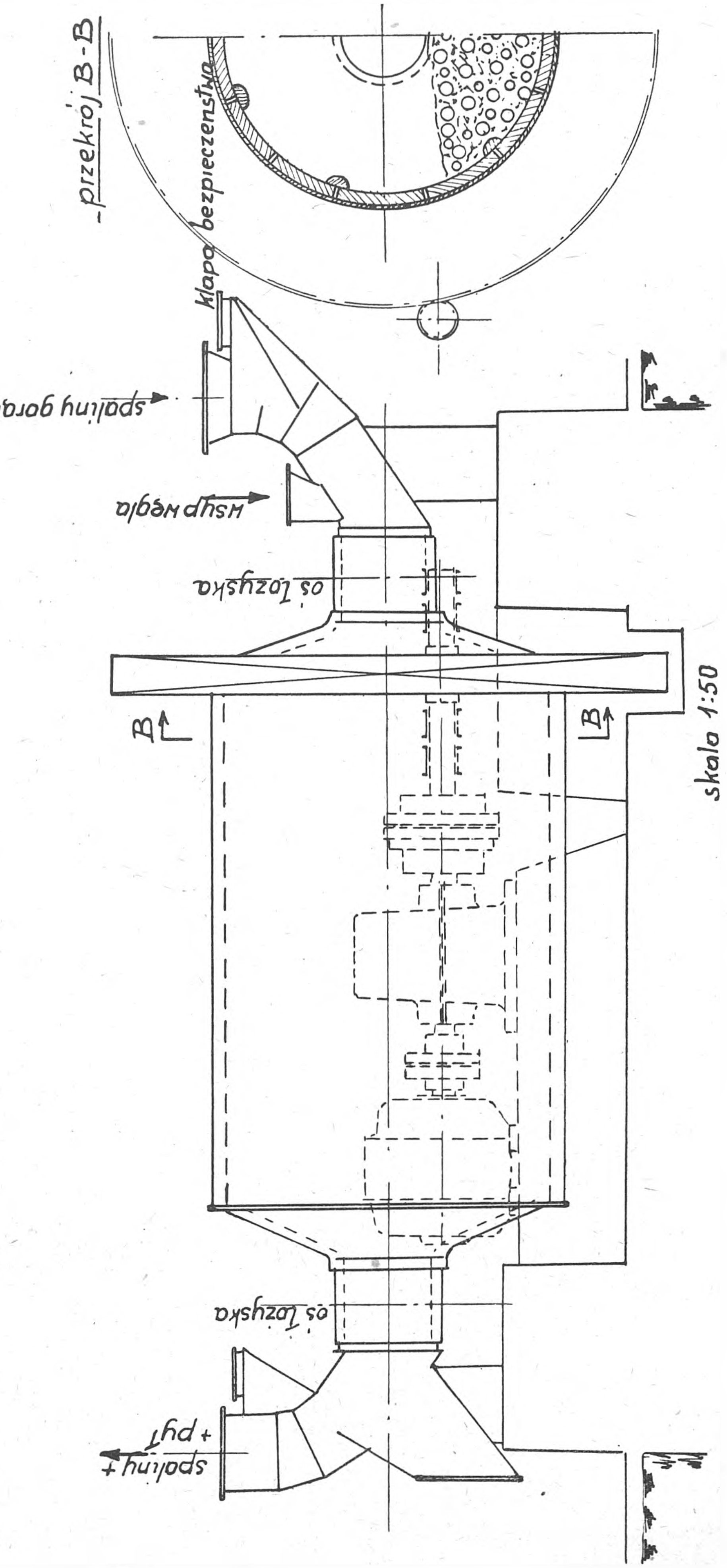
Na rys. 22 pokazany jest kocioł wielkiej wydajności konstrukcji radzieckiej w wykonaniu Podolskich Zakładów Kotłowych (II K-10), zbudowany na wydajność 230 t/h i parametry pary: 100 atn, 510° C (Maszynostrojenje, Encykł. Sprawocznik, t. 13, str. 49—50).

Powierzchnia ogrzewana właściwego kotła umieszczona jest całkowicie w komorze paleniskowej; w ciągu konwekcyjnym spaliny omywają kolejno: dwupęczkowy przegrzewacz pary, drugi pęczek podgrzewacza wody, czwarty i trzeci pęczki podgrzewacza powietrza, pierwszy pęczek podgrzewacza wody oraz drugi i pierwszy pęczki podgrzewacza powietrza. Z rozmieszczenia pęczków podgrzewacza powietrza należy wnosić, że podgrzewanie powietrza jest bardzo duże, bliskie 400° C. Temperatura pary jest regulowana przez międzystopniowy natrysk.

Komora paleniskowa jest zbudowana na żużel granulowany, odprowadzanie żużla — ciągłe.

Blok kotła podzielony jest na dwie części — komorę paleniskową i ciąg konwekcyjny, związane ze sobą elastycznie tylko w górnej części.

Paleniska pyłowe na płynny żużel. W paleniskach na płynny żużel w części komory paleniskowej



Rys. 17. Młyn kulowy

otrzymywana jest temperatura co najmniej o 150°C wyższa od temperatury topliwości popiołu; żużel odpuszczany jest z komory w stanie płynnym, granulowany na zewnątrz komory w strumieniu wody.

W starszej konstrukcji — z misą — wysoka temperatura utrzymywana jest tylko w dolnej części komory, palniki pyłu są umieszczone w komorze nisko i skierowane na kąpiel żużlową.

Kotły z odprowadzeniem żużla w płynnym stanie budowane są obecnie dla wydajności ponad 100 t/h; dla mniejszych jednostek koszt komory paleniskowej nadmiernie obciążałby cenę zespołu kotłowego.

Kocioł z komorą na płynny żużel firmy Forster Wheeler, rozpowszechnioną w Związku Radzieckim, przystosowywaną do paliwa różnej jakości drogą zmian w wymiarach powierzchni konwekcyjnych, pokazany jest na rys. 23.

Liczby charakteryzujące kocioł:

Wydajność	100 t/h
Ciśnienie znamionowe	105 atn
Ciśnienie za przegrzewaczem pary	97,5 atn
Temperatura przegrzanej pary	485°C
Regulacja temperatury przegrzewu	powierzchniowa
Zakres działania regulatora t = 485°C	40—130 t/h
Temperatura wody zasilającej	198°C
Temperatura podgrzanego powietrza	270°C
Sprawność kotła	85,1%
Pojemność komory paleniskowej	475 m³
Jednostkowe natężenie komory	220 000 kcal/m³h
Młyn	kulowy
Palniki	szczelinowe
Pozostałość pyłu na sicie U. S. A. Nr 200 (DIN Nr 80)	30%
Węgiel:	
Wartość opałowa	6500 kcal/kg
Wilgotność całkowita	9,4%
Zawartość popiołu	10,3%
„ siarki	1,7%
„ składników lotnych	34,1%
Temperatura topliwości popiołu	1250°C

Konstrukcja jest zbliżona do poprzednio omówionych niemieckich. Różnice są następujące:

a) kocioł ma dwie tylko rury opadowe bardzo dużej średnicy, które w podpiwniczeniu rozgałęzione są na doprowadzenia, już zwykłych średnic, do dolnych komór zbiorczych ekranów;

b) kocioł jest rozbudowany na wysokość;

c) dla uzyskania najprostszego układu przewodów mieszanki pyłowo-powietrznej obiegowy wentylator młyna jest ustawiony na poziomie obsługi;

d) dla ułatwienia regulacji temperatury powietrza, doprowadzonego do młyna, w podpiwniczeniu ustawiony jest dodatkowy wentylator zimnego powietrza.

Schemat ustawienia młyna jest bardzo prosty; przewody pyłowe są przyłączone wprost do rozdzielczej komory wentylatora młyna bez pośrednich zasobników pyłu. Układ jest prosty i tańszy od pokazanego na rys. 21; stosowany jest coraz częściej.

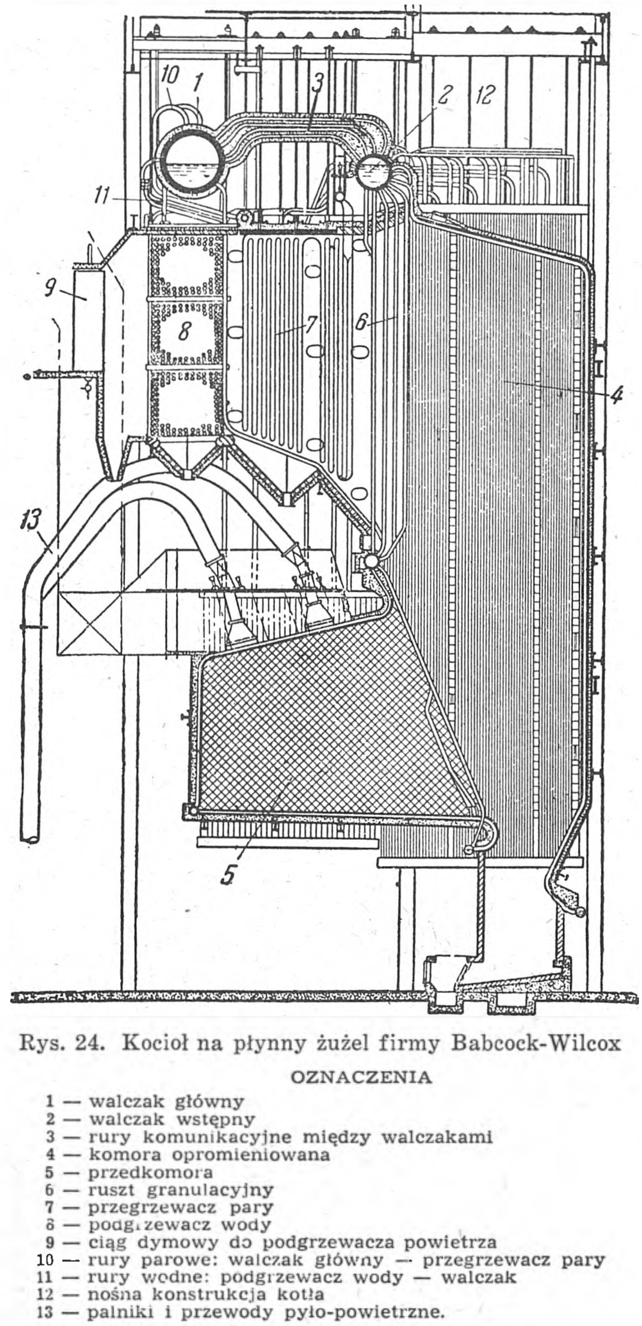
Ognioodporna wykładzina pokrywa tylko spód komory paleniskowej; płynny żużel odpływa w sposób ciągły przez otwór w osi komory, granulowany jest w bieżącej wodzie w komorze pod kotłem. Dla możności dylatacji spód komory paleniskowej ma podparcia sprężynowe.

Na rys. 24 pokazany jest schemat kotła na płynny żużel z przedkomorą, zbudowanego przez Babcock-Wilcox (USA). Parametry pary: 175 atn; 505°C. Wydajność nieznaną, szacunkowo — 200 t/h lub więcej *).

Na schemacie pokazane są przedkomora, komora opromieniowana z rusztem granulacyjnym, przegrzewacz pary, stalowy podgrzewacz wody i palniki pyłowe, umieszczone w dwóch szeregach, co świadczy o wielkości kotła. Młyny węgla i podgrzewacz powietrza nie są uwidocznione na rysunku.

W przedkomorze paleniskowej ekrany są całkowicie przykryte ognioodporną wykładziną, prawdopodobnie formowaną i ubijaną na opłomkach odpowiednio uzbrojonych. Działowa ściana między przedkomorą i komorą opromieniowaną utworzona jest z gęstego szeregu opłomek, obustronnie opromieniowanych, które w dolnej części są rozsunięte w dwa szeregi, tworząc w ten sposób drogę wyjścia z komory dla spalin. Płynny żużel ścieka po przedłużonym spodzie przedkomory pomiędzy opłomkami działowej ścianki do urządzenia granulacyjnego.

Konstrukcja jest b. trudna, wymaga wyjątkowo ognioodpornych i chemicznie trwałych materiałów ceramicznych



Rys. 24. Kocioł na płynny żużel firmy Babcock-Wilcox

OZNACZENIA

1 — walczak główny
2 — walczak wstępny
3 — rury komunikacyjne między walczakami
4 — komora opromieniowana
5 — przedkomora
6 — ruszt granulacyjny
7 — przegrzewacz pary
8 — podgrzewacz wody
9 — ciąg dymowy do podgrzewacza powietrza
10 — rury parowe: walczak główny — przegrzewacz pary
11 — rury wodne: podgrzewacz wody — walczak
12 — nośna konstrukcja kotła
13 — palniki i przewody pyło-powietrzne.

na wykładzinę misy, względnie, komory paleniskowej, ma jednak duże zalety:

a) ilość unoszonego w spalinach popiołu lotnego zostaje zredukowana, gdyż w misie żużlowej wypada 40%, we wstępnej komorze — do 70% całej ilości wprowadzonego w węglu popiołu;

b) zgranulowany żużel nie sprawia żadnych trudności ani w transporcie, ani na zwale;

c) możliwa dolna granica obciążenia kotła zostaje obniżona;

d) sprawność kotła wzrasta, zawartość CO_2 w spalinach może być utrzymywana w granicach 16—17%.

K w a l i f i k a c j a w ę g l a. Większość kotłów na pył węglowy była zbudowana po 1925 r., różnice konstrukcyjne między starszymi a nowymi wykonaniami są znacznie mniejsze, niż dla innych rodzajów palenisk, np. taśmowe-

*) Ob. Kotielnyje ustanowki E. I. Romma, t. II, str. 90, Moskwa—Leningrad, 1946.

go rusztu. W starszych wykonaniach komory paleniskowe były niedostatecznie ekranowane i termicznie przeciążone.

Typ węgla. Długopłomienny węgiel ma najłatwiejszy zapłon i najkrótszy czas spalania, dlatego pozwala na najwyższe jednostkowe obciążenie komory paleniskowej, na grubszy przemiał, daje możność największego obciążenia kotła, wreszcie obniża dolną granicę możliwej (najmniejszej) wydajności kotła.

Sortyment. Dla wszystkich młynów najkorzystniejszym sortymentem jest miał węglowy, np. 0/3 mm. Sortymenty do 25 mm mogą być mielone bezpośrednio, większe sortymenty muszą być wstępnie kruszone.

Wilgotność. Pożądana jest wilgotność węgla 6—8%, większa wilgotność do pewnej granicy jest tylko kwestią wartości opałowej węgla; przekroczenie granicy dopuszczalnej wilgotności zmniejsza wydajność młyna, a w krańcowym wypadku — uniemożliwia przemiał węgla.

Erozyjność. Ważkość tej cechy węgla jest mniejsza dla młynów kulowych, a duża dla młynów bijakowych i miażdżących oraz dla wentylatorów mieszanki pyłopowietrznej.

Wartość opałowa węgla dla palenisk pyłowych ma znaczenie przede wszystkim gospodarcze; ponieważ obniżenie jej zwiększa koszta transportu, przemiału, odżużlania kotła, odpylania spalin itp.

Popiół. Szkodliwość popiołu ma dwie przyczyny:

1) podrożenie kosztu przemiału węgla, liczonego na 1 t pary, wynikające ze zmniejszenia wartości opałowej i ze zwiększenia erozyjności węgla;

2) trudności spowodowane przez popiół w samym kotle, mianowicie: a) żużlowanie ekranów i lejów komory paleniskowej oraz powierzchni konwekcyjnej pierwszej na drodze spalin; b) powiększenie ilości popiołu lotnego unoszonego w spalinach.

Za górną dopuszczalną granicę dla młynów bijakowych i miażdżących przyjmowane jest 20%, dla kulowych 25 do 30%.

Jakość popiołu jest dla paleniska pyłowego bodaj istotniejsza niż ilość. Temperatury plastyczności i płynności, bo tylko one mogą być wyznaczone liczbowo, są charakterystyką orientacyjną raczej. Dla komór z granulowym żużlem pożądana jest najwyższa temperatura topliwości popiołu. Im jest mniejsze jednostkowe cieplne natężenie komory i im większy jej współczynik wychłodzenia, tym niższa może być temperatura topliwości popiołu. Dla nowoczesnych komór o natężeniu poniżej 150 000 kcal/m²h wystarcza 1200°C i niżej; dla komór paleniskowych starszej konstrukcji źle wychłodzonych ta temperatura może nie wystarczać. Dla komór z misą na płynny żużel popiół powinien mieć temperaturę topliwości poniżej 1200°C.

Dla palenisk ze wstępną komorą żużlową maksymum dopuszczalnej temperatury topliwości popiołu powinno być każdorazowo podane w instrukcji ruchowej. Dla wszystkich palenisk pyłowych, ale w największej mierze dla komór na płynny żużel, konieczne jest utrzymanie przy dostawach niezmiennej jakości węgla.

4. Rekapitulacja.

Obecny stan techniki kotłowej daje możność w granicach gospodarczej opłacalności zbudowania dobrego paleniska dla węgla każdej jakości. Wyjątek stanowią paleniska o małej wydajności.

Powtarzane jeszcze niekiedy klasyfikacje węgla, jak dobry, zły itp., pochodzące z czasów dominacji rusztu płaskiego, straciły już sens techniczny; obecnie dla każdego kotła najlepszy jest ten węgiel, na który kocioł został zbudowany.

Możliwość spożytkowania tzw. węgli odpadkowych została bardzo powiększona, np. ruszt taśmowy spala mieszanki węgla kamiennego o wartości opałowej 4200 kcal/kg, ruszt kaskadowy — skałę o wartości opałowej 3200 kcal/kg i zawartości popiołu do 50%.

Ze specjalizacji palenisk w odniesieniu do paliwa wynika konieczność indywidualnego doboru węgla, opartego na dokładnej znajomości węgla i wyczerpującym wyjaśnieniu technicznych potrzeb konsumenta. Dysponowanie węglem bez uwzględnienia właściwości paleniska odbiorcy jest technicznym i gospodarczym archaizmem.

Pomimo oczywistej konieczności indywidualnego traktowania potrzeb odbiorcy można zrobić kilka uogólnień.

Dla nowoczesnych palenisk pyłowych i rusztów taśmowych w ekranowanych komorach paleniskowych najkorzystniejszym typem węgla jest węgiel długopłomienny.

W pyłowych paleniskach drażliwym punktem wymagającym każdorazowego zbadania jest temperatura topliwości popiołu.

Dla płaskiego rusztu z ręcznym zasilaniem najkorzystniejszym typem węgla jest węgiel krótkopłomienny.

Przepisy techniczne dla węgla spalanego na płaskim ruszcie w zastosowaniu do trakcyjnych kotłów muszą ulec daleko idącemu zaostrzeniu.

Dla taśmowych rusztów starej konstrukcji najwłaściwszym typem węgla jest węgiel spiekający się; bardzo istotne dla wyników ruchu są granulacja i temperatura topliwości popiołu.

Odbiorcy powini otrzymywać węgiel o niezmiennej jakości.

Podane wytyczne dla doboru węgla narzucają potrzebę rozwiązania kilku pilnych zagadnień z zakresu techniki spalania. Miał węglowy przestał być sortymentem odpadkowym, przeciwnie jest najkorzystniejszą granulacją dla większości nowobudowanych kotłów. Dla eksportu miału konieczne jest opracowanie techniki transportu morskiego i magazynowania na zwałach przez dłuższy czas.

W wydobyciu Polskiego Zagłębia Węglowego duży udział mają węgle dwupłomienne, źle spalające się na płaskim ruszcie zasilanym ręcznie. Mechanizacja zasilania płaskiego rusztu jest pilnym zagadnieniem konstrukcyjnym. Zagadnienie jest b. trudne, szczególnie dla kotłów trakcyjnych, ale gospodarcze korzyści z jego rozwiązania byłyby duże.

Opracowanie analitycznych metod wyznaczania erozyjności węgli oraz ich skłonności do samozapłonu w stanie naturalnym i w postaci pyłu jest dla eksportu węgla b. ważne. W zachodnio-europejskiej literaturze technicznej bardzo częste jest pomawianie polskiego węgla o wyróżniającą się złośliwość w tych dwóch cechach, co należy uznać za bezpodstawne.

Pięciolatki realizowane zwycięsko w ZSRR pod kierownictwem partii Lenina-Stalina udowodniły masom pracującym całego świata, że ustrój socjalistyczny jest nie tylko osiągalny, ale że już w procesie budowy socjalizmu rosną i przekształcają się ludzie, wyzwala się ich energia twórcza, potężnieją ich siły, ich wiedza, ich wartość.

Polska, jak i wszystkie kraje demokracji ludowej, czerpie dziś nieocenione nauki i korzyści z doświadczeń gospodarki planowej pierwszego na świecie państwa socjalistycznego.

Za przykładem zwycięskiej klasy robotniczej ZSRR polska klasa robotnicza rozwija coraz szerzej socjalistyczne współzawodnictwo pracy. W tym ruchu, który wciąż przybiera na sile i rozmachu, który tworzy coraz nowe formy, klasa robotnicza wyraża swoje uczucia, swój zapał i ofiarność, swą wierność i miłość dla idei socjalizmu.

B. Bierut

INŻ. JERZY WOJCIECHOWSKI

Ekonomiczny rozkład obciążenia przy pracy równoległej turbin i kotłów parowych

Treść. Zasady teorii przyrostów względnych. Określenie ekonomicznego rozkładu obciążenia przy pracy równoległej kilku turbin i kotłów parowych. Wykreślny sposób analizy współpracy jednostek o charakterystykach ciągłych i nieciągłych. Wyznaczenie ekonomicznego rozkładu obciążenia metodą tabelkowo-wykreślną.

Экономическое распределение нагрузки при параллельной работе тюрбин и котлов. Основы теории относительных приращений. Экономическое распределение нагрузки при параллельной работе нескольких тюрбин и котлов. Графический метод анализа совместной работы аггрегатов с непрерывными и прерывными характеристиками. Нахождение экономического распределения при помощи таблично-графического метода.

Economic load distribution under parallel work of turbines and boilers. The principles of the theory of relative increments. Determination of economic load distribution under parallel work of several turbines and boilers. Diagramatic method of analysis of the co-operation of units with continuous and intermittent characteristics. Determination of the economic load distribution by tabular and diagramatic method.

1. Wstęp.

Ekonomiczny rozkład obciążenia na jednostki (turbiny lub kotły) pracujące równolegle jest zagadnieniem ciekawym zarówno z teoretycznego, jak i z praktycznego punktu widzenia. Rozwiązanie tego zagadnienia jest przykładem życiowego zastosowania teorii matematycznych, a uzyskany w wyniku racjonalny rozkład obciążenia może poważnie wpłynąć na gospodarkę cieplną siłowni.

Ogólnie biorąc, każda jednostka (turbina lub kocioł) posiada pewną charakterystykę swej pracy, którą możemy ująć odpowiednio we wzory:

a) dla turbiny $D = f(P)$,
gdzie D — zużycie pary w t/h,
P — moc wytworzona w MW;

b) dla kotła $B = f(D)$,
gdzie B — zużycie węgla w t/h,
D — para wytworzona w t/h.

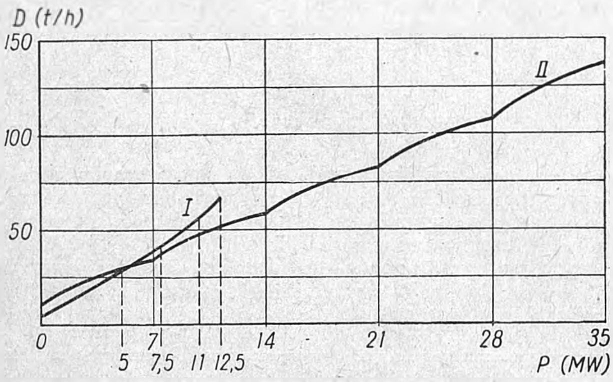
Funkcje te na ogół nie dają się ściśle wyrazić analitycznie i przeważnie posługujemy się przedstawieniem graficznym.

Charakterystyki spotykane w praktyce dzielimy na dwie zasadnicze grupy:

a) funkcje ciągłe i posiadające ciągłe krzywe pierwszej pochodnej; w tym wypadku stosujemy metodę rachunku różniczkowego;

b) funkcje posiadające punkty nieciągłości; wtedy możemy stosować tylko metodę wykreślną lub tabelkowo-wykreślną.

W praktyce przy analizie gospodarki cieplnej siłowni posługujemy się krzywymi ciągłymi (przybliżonymi), które



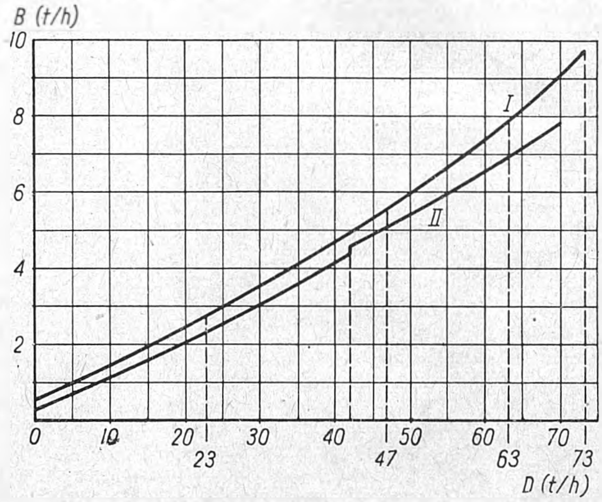
Rys. 1. Charakterystyki turbozespołów $D = f(P)$
I — turbozespół o mocy P_1 = 12,5 MW z regulacją jakościową
II — turbozespół o mocy P_2 = 35,0 MW z regulacją ilościową

z wystarczającą dokładnością charakteryzują nam pracę rozpatrywanej jednostki (turbiny lub kotła). Należy jednak pamiętać, że jest to tylko pierwsze przybliżenie. W rzeczywistości ogromna większość turbin i kotłów posiada charakterystyki nieciągłe.

Przy ilościowej regulacji pary w turbinie parowej każde otwarcie kolejnego zaworu regulacyjnego zmienia w sposób nagły charakter przebiegu krzywej $D = f(P)$. Przy kotłach zmiana liczby obrotów ekshaustora (np. przez przełączenie silnika napędowego) wywołuje skok krzywej $B = f(D)$. Wykresy na rys. 1 i 2 przedstawiają charakterystyki ciągłe i nieciągłe turbin i kotłów, wzięte z praktyki krajowej.

2. Analiza matematyczna funkcji B = f(D) oraz D = f(P).

Zajmiemy się obecnie pracą równoległą jednostek kotłowych i turbinowych o charakterystykach ciągłych, stosując metodę rachunku różniczkowego. Wyniki przeprowadzonej analizy będą niewątpliwie korzystne, gdyż w praktyce spotyka się czasem jednostki o charakterystykach ciągłych; następnie często można zastąpić charakterystykę



Rys. 2. Charakterystyki kotłów $B = f(D)$
I — kocioł o wydajności D_1 = 73 t/h z regulacją ciągu klapą kominową
II — kocioł o wydajności D_2 = 70 t/h z regulacją ciągu klapą kominową oraz zmianą liczby obrotów silnika napędowego ekshaustora

rzeczywistą — krzywą przybliżoną ciągłą, wreszcie analiza wypadków prostszych (krzywe ciągłe) i uzyskane wyniki ułatwiają rozwiązanie zagadnień trudniejszych (krzywe nieciągłe).

Zajmiemy się pracą równoległą kotłów, a więc funkcjami $B = f(D)$. Wyniki analizy będą ważne i dla turbin, tj. dla funkcji $D = f(P)$.

Jeśli w kotłowni pracuje n kotłów o kolejnych numerach 1, 2, 3 ..... n, a ich wydajności oznaczymy odpowiednio $D_1, D_2, D_3 \ldots\ldots D_n$, to ogólna wydajność kotłowni będzie

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + \ldots\ldots + D_n, \tag{1}$$

gdzie $D > 0$, co oznacza, że kotłownia produkuje parę, ogólne zaś zużycie węgla przez kotłownię będzie:

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + \ldots\ldots + B_n = f_1(D_1) + f_2(D_2) + f_3(D_3) + \ldots\ldots + f_n(D_n). \tag{2}$$

Zagadnienie ekonomicznego rozkładu obciążenia na poszczególne kotły, pracujące równolegle, sprowadza się w języku matematycznym do określenia minimum dla B przy zadanej wielkości D. Możemy więc zestawić równanie o $n - 1$ niezależnych zmiennych:

$$D_n = D - D_1 - D_2 - D_3 - \ldots\ldots - D_{n-1}. \tag{3}$$

Według prawideł rachunku różniczkowego koniecznym warunkiem osiągnięcia minimum funkcji wielu zmiennych są równania:

$$\frac{\partial B}{\partial D_1} = \frac{\partial B}{\partial D_2} = \frac{\partial B}{\partial D_3} = \ldots\ldots = \frac{\partial B}{\partial D_{n-1}} = 0, \tag{4}$$

tj. wszystkie pierwsze cząstkowe pochodne tej funkcji względem zmiennych niezależnych winny być równe zeru. Równania te warunkują jednak tylko zjawienie się na krzywej punktu extremum. Aby w punkcie tym funkcja osiągała minimum, musi być spełniony jeszcze warunek dodatkowy: wyznacznik z pochodnych cząstkowych drugiego stopnia funkcji B musi być większy od zera, tzn.

$$(5)\quad \Delta_{n-1} = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 B}{\partial D_1 \cdot \partial D_1} & \frac{\partial^2 B}{\partial D_1 \cdot \partial D_2} & \cdots & \frac{\partial^2 B}{\partial D_1 \cdot \partial D_{n-1}} \\ \frac{\partial^2 B}{\partial D_2 \cdot \partial D_1} & \frac{\partial^2 B}{\partial D_2 \cdot \partial D_2} & \cdots & \frac{\partial^2 B}{\partial D_2 \cdot \partial D_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial^2 B}{\partial D_{n-1} \cdot \partial D_1} & \frac{\partial^2 B}{\partial D_{n-1} \cdot \partial D_2} & \cdots & \frac{\partial^2 B}{\partial D_{n-1} \cdot \partial D_{n-1}} \end{vmatrix} > 0;$$

Z równania (3) mamy :

$$(6)\quad \frac{\partial D_n}{\partial D_1} = \frac{\partial D_n}{\partial D_2} = \frac{\partial D_n}{\partial D_3} = \cdots\cdots = \frac{\partial D_n}{\partial D_{n-1}} = -1,$$

a więc:

$$(7)\quad \begin{cases} \frac{\partial B}{\partial D_1} = \frac{d B_1}{d D_1} + \frac{d B_n}{d D_n} \cdot \frac{\partial D_n}{\partial D_1} = \frac{d B_1}{d D_1} - \frac{d B_n}{d D_n} = 0; \\ \frac{\partial B}{\partial D_2} = \frac{d B_2}{d D_2} + \frac{d B_n}{d D_n} \cdot \frac{\partial D_n}{\partial D_2} = \frac{d B_2}{d D_2} - \frac{d B_n}{d D_n} = 0; \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \frac{\partial B}{\partial D_{n-1}} = \frac{d B_{n-1}}{d D_{n-1}} + \frac{d B_n}{d D_n} \cdot \frac{\partial D_n}{\partial D_{n-1}} = \frac{d B_{n-1}}{d D_{n-1}} - \frac{d B_n}{d D_n} = 0 \end{cases}$$

Z równ. (7) otrzymujemy warunek osiągnięcia minimum przez funkcję B:

$$(8)\quad \frac{d B_1}{d D_1} = \frac{d B_2}{d D_2} = \frac{d B_3}{d D_3} = \cdots\cdots\cdots = \frac{d B_n}{d D_n},$$

przy czym na podstawie równ. (6), przy osiągnięciu przez funkcję B minimum, mamy spełnione następujące równania:

$$(9)\quad \frac{\partial^2 D_n}{\partial D_1^2} = \frac{\partial^2 D_n}{\partial D_2^2} = \frac{\partial^2 D_n}{\partial D_3^2} = \cdots\cdots = \frac{\partial^2 D_n}{\partial D_{n-1}^2} = 0.$$

Korzystając z równań (6) i (9) możemy napisać:

$$(10)\quad \begin{cases} \frac{\partial^2 B}{\partial D_1^2} = \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} + \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \cdot \left(\frac{\partial D_n}{\partial D_1}\right)^2 + \frac{d B_n}{d D_n} \cdot \frac{\partial^2 D_n}{\partial D_1^2} = \\ = \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} + \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \quad \text{i analogicznie:} \\ \frac{\partial^2 B}{\partial D_2^2} = \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} + \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \quad \text{itd.} \end{cases}$$

oraz

$$(11)\quad \begin{cases} \frac{\partial^2 B}{\partial D_1 \cdot \partial D_2} = \frac{\partial}{\partial D_2}\left[\frac{d B_n}{d D_n} \cdot \frac{\partial D_n}{\partial D_1}\right] = \\ = -\frac{\partial \frac{d B_n}{d D_n}}{\partial D_n} \cdot \frac{\partial D_n}{\partial D_2} = \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \quad \text{itd.} \end{cases}$$

Wprowadzając te wartości do wyznacznika (5), otrzymujemy:

$$(12)\quad \Delta_{n-1} = \begin{vmatrix} \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} + \frac{d^2 B_n}{d D_n^2}; & \frac{d^2 B_n}{d D_n^2}; & \cdots\cdots & \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \\ \frac{d^2 B_n}{d D_n^2}; & \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} + \frac{d^2 B_n}{d D_n^2}; & \cdots\cdots & \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{d^2 B_n}{d D_n^2}; & \frac{d^2 B_n}{d D_n^2}; & \cdots & \frac{d^2 B_{n-1}}{d D_{n-1}^2} + \frac{d^2 B_n}{d D_n^2} \end{vmatrix} > 0.$$

Obliczając wartość wyznacznika Δ_{n-1} dla danej liczby kotłów pracujących równolegle (2, 3, 4 itd.), otrzymujemy następujące warunki dodatkowe dla uzyskania minimum zużycia węgla ($B = B_{min}$):

a) dla dwóch kotłów ($n = 2$):

$$(13)\quad \Delta_1 = \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} + \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} > 0;$$

b) dla trzech kotłów ($n = 3$):

$$(14)\quad \Delta_2 = \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} \cdot \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} + \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} \cdot \frac{d^2 B_3}{d D_3^2} + \frac{d^2 B_3}{d D_3^2} \cdot \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} > 0;$$

$$\Delta_1 > 0;$$

c) dla czterech kotłów ($n = 4$);

$$(15)\quad \begin{cases} \Delta_3 = \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} \cdot \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} \cdot \frac{d^2 B_3}{d D_3^2} + \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} \cdot \frac{d^2 B_3}{d D_3^2} \cdot \frac{d^2 B_4}{d D_4^2} + \\ + \frac{d^2 B_3}{d D_3^2} \cdot \frac{d^2 B_4}{d D_4^2} \cdot \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} + \frac{d^2 B_4}{d D_4^2} \cdot \frac{d^2 B_1}{d D_1^2} \cdot \frac{d^2 B_2}{d D_2^2} > 0; \end{cases}$$

$$\Delta_2 > 0;$$

$$\Delta_1 > 0.$$

Stosując uzyskane wyniki do pracy równoległej trzech turbozespołów, a więc:

$D_1 = f_1(P_1)$, $D_2 = f_2(P_2)$, $D_3 = f_3(P_3)$, $D = D_1 + D_2 + D_3$,

można analogicznie zestawić następujące warunki dla osiągnięcia minimum zużycia pary ($D = D_{min}$):

$$(16)\quad \frac{d D_1}{d P_1} = \frac{d D_2}{d P_2} = \frac{d D_3}{d P_3}$$

oraz

$$(17)\quad \Delta_2 = \frac{d^2 D_1}{d P_1^2} \cdot \frac{d^2 D_2}{d P_2^2} + \frac{d^2 D_2}{d P_2^2} \cdot \frac{d^2 D_3}{d P_3^2} + \frac{d^2 D_3}{d P_3^2} \cdot \frac{d^2 D_1}{d P_1^2} > 0.$$

$$(18)\quad \Delta_1 = \frac{d^2 D_1}{d P_1^2} + \frac{d^2 D_2}{d P_2^2} > 0.$$

Powyższe równania, warunkujące ekonomiczny rozkład obciążenia na współpracujące jednostki (turbiny lub kotły), można sformułować w następujący sposób:

1) ekonomiczny rozkład obciążenia na jednostki pracujące równolegle osiąga się wówczas, gdy pierwsze pochodne funkcji charakterystycznych [$D = f(P)$ lub $B = f(D)$] wszystkich jednostek w grupie są sobie równe *);

2) drugie pochodne funkcji charakterystycznych [$D = f(P)$ lub $B = f(D)$] wszystkich jednostek w grupie muszą być większe od zera, tj. krzywe pierwszych pochodnych są krzywymi stale wznoszącymi się przy wzroście zmiennej niezależnej (P lub D) **).

3. Zastosowania praktyczne teorii przyrostów.

Przechodząc do praktycznego zastosowania wyników powyższej analizy, zwanej teorią przyrostów względnych, rozpatrzymy przykładowo pracę równoległą kotłów i turbozespołów, używając metody wykreślnej, jako bardziej dogodnej niż analityczna. Przyjmujemy przy tym początkowo, że charakterystyki rozpatrywanych jednostek spełniają wszystkie podane wyżej warunki. Zatrzymamy się na przykładach współpracy trzech i czterech jednostek (kotłów względnie turbozespołów). Dla dwóch jednostek pracujących równolegle znalezienie ekonomicznego rozkładu obciążenia jest zagadnieniem dużo łatwiejszym. Sposób postępowania jest taki sam, jak w wypadku trzech lub czterech jednostek.

A. Ekonomiczny rozkład obciążenia przy pracy równoległej trzech kotłów

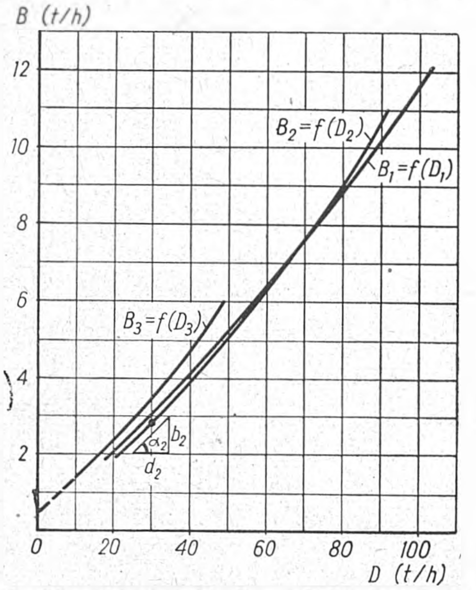
Na rys. 3 mamy charakterystyki $B = f(D)$ trzech rozpatrywanych kotłów. Dla obranych kolejnych punktów na krzywych B_1, B_2 i B_3 znajdujemy wartości pierwszej pochodnej tj. tangensy kątów zawartych pomiędzy stycznymi w wybranych punktach a osią odciętych. Kąt α oraz

*) Warunek ten oznacza, że stosunki przyrostów zużycia pary do przyrostów wytworzonej mocy (turbozespoły), względnie stosunki przyrostów zużycia węgla do przyrostów wytworzonej pary (kotły) dla wszystkich współpracujących jednostek są jednakowe, tj. ich charakterystyki mają ten sam kąt nachylenia względem osi odciętych tg α).

**) Oznacza to stały i ciągły wzrost zużycia węgla (względnie pary) przy wzroście wydajności kotła (względnie mocy turbozespołu).

sposób wykreślnego znalezienia wartości tgα (odcinki b i d) został uwidoczniony na rysunku.

Wartości tgα obliczone dla szeregu punktów obranych na krzywych B_1, B_2 i B_3, przenosimy na wykres następny (rys. 4), który przedstawia przebieg krzywych pierw-

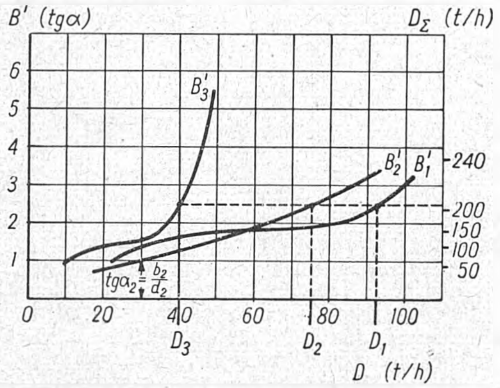


Rys. 3. Charakterystyki B = f(D) trzech kotłów pracujących równolegle

B_1 = $f_1(D_1)$; B_2 = $f_2(D_2)$ i B_3 = $f_3(D_3)$ — krzywe ciągłe

szych pochodnych B_1', B_2' i B_3' w zależności od wydajności kotła. Oś odciętych jest pozostawiona bez zmiany (D t/h), oś rzędnych natomiast jest wyskalowana dla wartości B' = tgα.

Zgodnie z warunkiem ekonomicznego rozkładu obciążenia na współpracujące jednostki kotłowe (8) przeprowadzamy na rys. 4 szereg prostych równoległych do osi odciętych, które przetną krzywe B' = f(D) w punktach, określają-



Rys. 4. Przebieg krzywych pierwszych pochodnych B_1', B_2' i B'_3 funkcji B = f (D) dla trzech kotłów z rys. 3

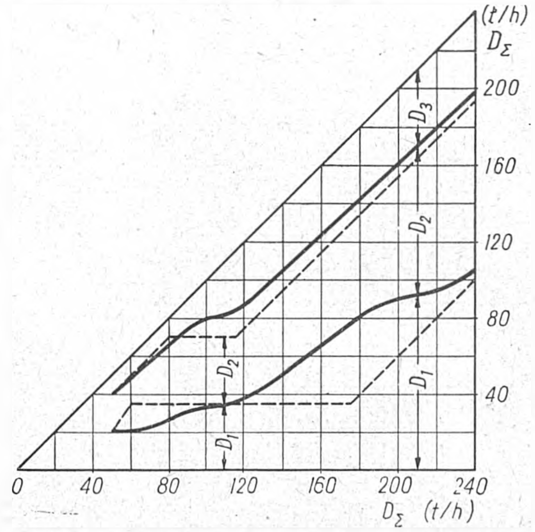
cych wydajność poszczególnych jednostek kotłowych przy pracy równoległej (na rys. 4 pokazano tylko jedną prostą). Na wysokości każdej z powyższych siecznych poziomych wpisujemy po prawej stronie wykresu wydajność ogólną kotłowni : $D = D_1 + D_2 + D_3$. W ten sposób uzyskamy na rzędnej nieproporcjonalną skalę wydajności kotłowni przy pracy równoległej wszystkich trzech kotłów. Dokładność tej skali zależy jedynie od liczby poprowadzonych siecznych.

Przy praktycznym korzystaniu z wykresu (rys. 4) znajdujemy dla zadanej produkcji D t/h odpowiedni punkt na wymienionej skali i przez ten punkt przeprowadzamy prostą równoległą do osi odciętych. Punkty przecięcia prostej z krzywymi B' = f(D), rzutowane na oś odciętych, określają obciążenia poszczególnych kotłów — D_1, D_2 i D_3. Uzyskany w ten sposób rozkład obciążenia ogólnego spełnia warunek osiągnięcia najniższego zużycia węgla $B = B_{min}$.

Dla ułatwienia pracy można zbudować dodatkowo nowy wykres (rys. 5), na którym skala D t/h jest już całkowicie proporcjonalna. Krzywe przerywane, zaznaczone na tym wykresie, obrazują przebieg rozkładu obciążenia w wypadku, gdy ruch kotłowni przewiduje podział na jednostki obciążenia podstawowego i jednostki obciążenia szczytowego.

Można obecnie zestawić szereg praktycznych wniosków i zaleceń:

a) Jeśli w elektrowni pracują kotły o identycznych charakterystykach B = f(D), to — teoretycznie biorąc — uzyskanie minimum zużycia węgla jest możliwe tylko przy



Rys. 5. Wykres rozkładu obciążenia na trzy kotły z rys. 3 pracujące równolegle

jednakowym obciążeniu wszystkich kotłów dla każdej zadanej wydajności kotłowni.

b) Jeśli w elektrowni pracują kotły o różnych wydajnościach znamionowych, ale przebieg charakterystyk jest podobny, to obciążenie należy rozkładać proporcjonalnie do wydajności znamionowych.

c) Jeśli charakterystyka B = f(D) jednego z rozpatrywanych kotłów posiada częściowo lub całkowicie przebieg prostolinijny, to krzywa pierwszej pochodnej — częściowo lub całkowicie — przebiegać będzie poziomo. W tym wypadku osiągnięcie minimum zużycia węgla przez całą kotłownię jest możliwe tylko wówczas, gdy w odpowiednim zakresie cała regulacja obciążenia będzie przejęta przez jednostkę o prostolinijnej charakterystyce. Pozostałe kotły pracować będą przy stałej wydajności, a punkty ich pracy nie koniecznie muszą odpowiadać największej sprawności kotłów. Jedynym wymaganiem jest warunek, aby pierwsze pochodne B' kotłów podstawowych były możliwie równe stałej wartości pierwszej pochodnej kotła szczytowego.

d) Jeśli krzywa pierwszej pochodnej B' jednego z kotłów przebiega całkowicie ponad lub pod analogicznymi krzywymi B' pozostałych kotłów, to minimum ogólnego zużycia węgla można osiągnąć przez obranie tego właśnie kotła za jednostkę regulacyjną. Podstawowe obciążenie rozkładamy natomiast na inne kotły współpracujące. Poza tym, zależnie od położenia krzywej B' kotła regulacyjnego, pozostałe kotły będą pracować w pobliżu ich wydajności największych, względnie — najmniejszych.

e) Jeśli przyjęty rozkład obciążenia nie zgadza się z podanymi powyżej zasadami (np. podział przedstawiony krzywymi przerywanymi na rys. 5), to rzeczywiste zużycie węgla będzie wyższe od ekonomicznego (wg Kaufmana zwiększenie zużycia węgla może niekiedy sięgać 6,0%, a najczęściej wynosi 2 — 4%).

Ponieważ częste zmiany obciążenia wszystkich pracujących równolegle kotłów są nie tylko niedogodne w praktyce ruchowej, ale wiążą się również z najrozmaitszymi dodatkowymi stratami, przeto — stosując się w ogólnych zarysach do wyżej opisanej zasady równych przyrostów względnych $\left(\frac{dB}{dD}\right)$ — wyznaczamy 1—2 kotły jako jed-

nostki regulujące, a resztę obciążenia rozkładamy na pozostałe jednostki podstawowe.

Podobnie postępujemy przy projektowaniu dobowego programu pracy kotłowni, kiedy ogólny rozkład obciążeń wyznaczamy zgodnie z powyższymi zasadami, a drobne odchylenia przebiegu krzywej obciążenia pokrywamy wybranymi kotłami szczytowymi.

Przy wyznaczaniu jednostek szczytowych należy kierować się następującymi wytycznymi:

a) kocioł regulacyjny winien posiadać możliwie dużą sprawność,

b) krzywa sprawności kotła regulacyjnego $\eta = f(D)$ winna mieć przebieg stromy,

c) kocioł regulacyjny winien posiadać sprawność największą przy stosunkowo niskiej wydajności,

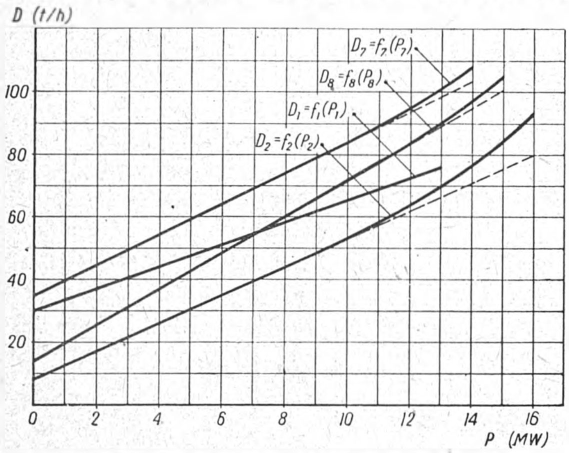
d) zakres przewidywanych obciążeń kotła regulacyjnego winien być obrany w obszarze niskich obciążeń, w którym sprawność kotła rośnie wraz ze wzrostem wydajności *).

B. Ekonomiczny rozkład obciążenia przy pracy równoległej czterech turbozespołów

Wszystkie uwagi podane pod A można z powodzeniem zastosować do pracy równoległej turbozespołów.

Dla zobrazowania metody postępowania w tym wypadku rozpatrzymy na przykładzie, wziętym z obecnej praktyki krajowej, pracę równoległą czterech turbozespołów.

Rys. 6 przedstawia nam przebieg charakterystyk $D = f(P)$ rozpatrywanych turbozespołów. Z krzywych tych —



Rys. 6. Charakterystyki $D = f(P)$ czterech turbozespołów pracujących równolegle
$D_1 = f_1(P_1)$; $D_2 = f_2(P_2)$; $D_7 = f_7(P_7)$ i $D_8 = f_8(P_8)$ — krzywe ciągłe

metodą wykreślną, omówioną już wyżej — określamy przebieg pierwszych pochodnych $D' = f(P)$, zestawiony na rys. 7.

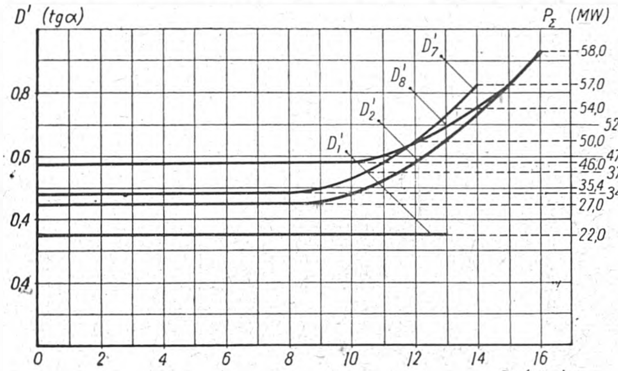
Następnie — prowadząc szereg prostych równoległych do osi odciętych — otrzymujemy punkty przecięcia, określające obciążenia poszczególnych jednostek, zgodnie z zasadą najmniejszego zużycia pary przy zadanym obciążeniu ogólnym. W ten sposób z prawej strony wykresu na rys. 7 otrzymujemy nieproporcjonalną skalę mocy sumarycznej P_Σ MW.

Z kolei zestawiamy dogodny w praktyce wykres ekonomicznego rozkładu obciążenia o proporcjonalnej skali mocy (rys. 8). Dla wyjaśnienia wykresu warto zaznaczyć, że rozpatrzono tu ekonomiczny rozkład obciążenia na cztery turbozespoły w szerokim zakresie zmian P_Σ (od 22 MW do 58 MW). Jasne jest, że turbozespół pozostający w ruchu równoległym musi posiadać pewne minimum obciążenia. W danym wypadku:

przy $P_\Sigma < 46$ MW — $P_8 = 3$ MW = const.,

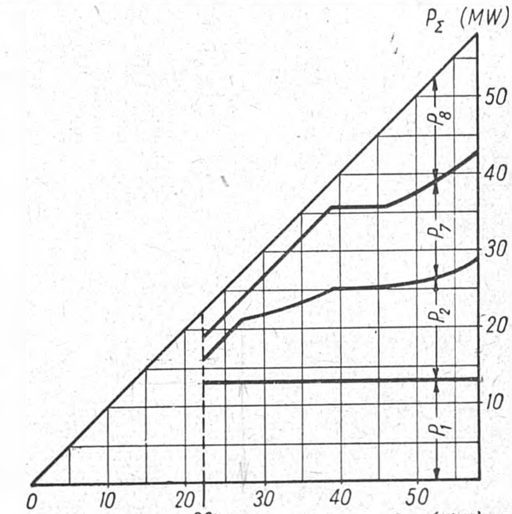
a przy $P_\Sigma < 27$ MW — $P_8 = 3$ MW = const. i $P_7 = 3$ MW = cons.

Niewątpliwie korzystniejsze gospodarczo będzie zatrzymanie jednego z turbozespołów, gdy obciążenie zewnętrzne na to pozwoli. Wówczas rozpatrywany wypadek pracy rów-



Rys. 7. Przebieg krzywych pierwszych pochodnych D_1', D_2', D_7' i D_8' funkcji $D = f(P)$ dla czterech turbozespołów z rys. 6

noległej czterech turbozespołów jest już zakończony, należy więc wtedy zanalizować pracę równoległą trzech turbozespołów w wariantach uzależnionych od przebiegu charakterystyk jednostek pozostawionych w ruchu. W praktyce jednak brak mocy biernej zmusza często do pędzenia większej liczby turbozespołów, niż to wynika z ich mocy



Rys. 8. Wykres rozkładu obciążenia na cztery turbozespoły z rys. 6 pracujące równolegle

oraz zewnętrznego obciążenia mocą czynną. W takich wypadkach przykład rozpatrzony wyżej ma zastosowanie praktyczne w całym zakresie zmian obciążenia zewnętrznego.

C. Ekonomiczny rozkład obciążenia przy pracy równoległej dwóch kotłów, z których jeden posiada nieciągłą charakterystykę $B = f(D)$

W dotychczasowych rozważaniach przyjmowaliśmy, że krzywe $B = f(D)$, względnie krzywe $D = f(P)$ jednostek pracujących równolegle mają charakter ciągły, tj. że w każdym punkcie krzywej istnieje tylko jedna pochodna. Obecnie zajmiemy się pracą równoległą jednostek o charakterystykach nieciągłych.

Przykładem takiego nieciągłego przebiegu funkcji $B = f(D)$ może być kocioł, pracujący przy niskich obciążeniach z ciągiem naturalnym, a posiadający wentylator ciągowy, włączany przy obciążeniach wyższych. W tym

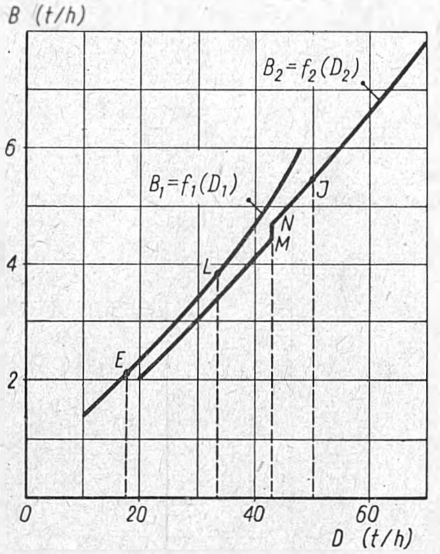
*) W przypadku dwóch współpracujących jednostek można wprowadzić praktyczne uproszczenie. Krzywe pierwszych pochodnych (np. B'_1 i B'_2) rysujemy na wykresie $B' = f(D)$ symetrycznie względem osi rzędnych, np. $B'_1 = f(D_1)$ w pierwszej ćwiartce, a $B'_2 = f(D_2)$ w drugiej. Wówczas zadane obciążenie zewnętrzne D_Σ — wyrażone odcinkiem w skali wykresu — wstawiamy poziomo tak, aby końce odcinka leżały na krzywych B'_1 i B'_2, po czym na osi odciętych odczytujemy obciążenia poszczególnych jednostek D_1 i D_2.

Przykład pracy równoległej dwóch turbozespołów został też omówiony szczegółowo w rozdz. 4 przy stosowaniu metody tabelkowo-wykreślnej, bardzo dogodnej właśnie w wypadku współpracy tylko dwóch jednostek.

wypadku — po włączeniu wentylatora — przy zachowaniu tej samej wydajności kotła zużycie węgla wzrasta np. o 1—2%. Przy kotłach pyłowych uruchomienie dodatkowego młyna węglowego ma podobny wpływ na przebieg charakterystyki kotła. I w turbinach parowych możemy stwierdzić podobne zjawisko. Ciągłą charakterystykę $D = f(P)$ posiadają tylko turbiny z regulacją jakościową pary, bez zaworów przeciążeniowych. Natomiast charakterystyki turbin z regulacją ilościową pary mają przebieg nieciągły, a punkty załamań wypadają w momentach otwierania się kolejnych zaworów regulacyjnych. W podanych niżej przykładach zasady rachunku różniczkowego będą miały tylko częściowe zastosowanie.

Rozpatrzymy przykładowo pracę równoległą dwóch kotłów, z których jeden posiada ciągłą charakterystykę $B_1 = f_1(D_1)$, drugi zaś — charakterystykę nieciągłą $B_2 = f_2(D_2)$, a mianowicie przy wydajności ok. 43,0 t/h mamy możliwość pracy przy dwóch różnych zużyciach węgla.

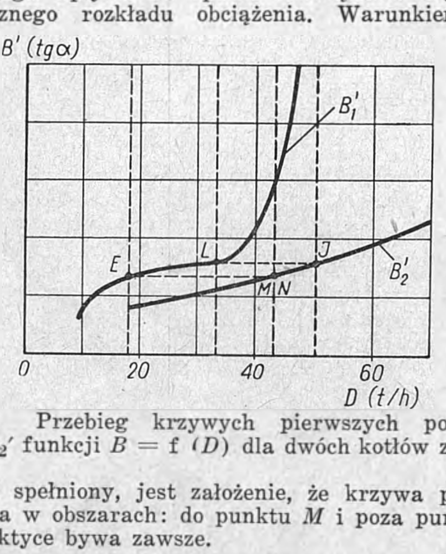
Na rys. 9 podane są charakterystyki obu współpracujących kotłów, a litery M i N oznaczają punkty pracy kotła 2, przy różnych zużyciach węgla. Pierwsza pochodna funkcji B_2' w obu punktach M i N posiada liczbowo tę



Rys. 9. Charakterystyki $B = f(D)$ dwóch kotłów pracujących równolegle

$B_1 = f_1(D_1)$ — krzywa ciągła
$B_2 = f_2(D_2)$ — krzywa nieciągła w obszarze M — N

samą wartość (ten sam kąt nachylenia stycznej). Okoliczność ta, wprowadzona celem ułatwienia, nie ma jednak zasadniczego wpływu na sposób rozwiązania zagadnienia ekonomicznego rozkładu obciążenia. Warunkiem, który



Rys. 10. Przebieg krzywych pierwszych pochodnych B_1' i B_2' funkcji $B = f(D)$ dla dwóch kotłów z rys. 9

musi być spełniony, jest założenie, że krzywa pochodnej jest ciągła w obszarach: do punktu M i poza punktem N, co w praktyce bywa zawsze.

Metodą stosowaną wyżej zestawiamy na rys. 10 przebieg krzywych pierwszych pochodnych B_1' i B_2'. Z wykresu tego wynika, że gdy kocioł 2 pracuje w punkcie M (lub N) swej charakterystyki, kocioł 1 winien pracować w punkcie E (jednakowe wartości pierwszych pochodnych), przy czym ogólna wydajność kotłowni wyniesie wówczas:

(19) $D_{\Sigma} = D_2^M + D_1^E = 43{,}0 + 18{,}0 = 61{,}0$ t/h.

Przy dalszym wzroście obciążenia ogólnego kotłowni nie opłaca się początkowo obciążać kotła 2 powyżej 43,0 t/h, gdyż przyrosty zużycia węgla przy zwiększaniu obciążenia kotła 1 są mniejsze. Przy pewnym jednak obciążeniu ogólnym kotłowni może się okazać ekonomiczne przerzucenie obciążenia na kocioł 2 z jednoczesnym zmniejszeniem wydajności kotła 1. Stan ten nastąpi wówczas, gdy dodatkowe zużycie węgla, spowodowane pracą równoległą kotłów przy różnych wartościach pierwszych pochodnych funkcji $B_1 = f_1(D_1)$ i $B_2 = f_2(D_2)$, przewyższy dodatkowe zużycie węgla wskutek np. włączenia lub przełączenia na inną liczbę obrotów wentylatora ciągowego kotła 2 (punkty M i N na rys. 9).

Oznaczając przez ΔD wzrost wydajności kotła 1 przy stałym obciążeniu kotła 2 (pracującego w punkcie M), równy więc wzrostowi obciążenia ogólnego kotłowni w tym okresie, możemy napisać następujące równanie na zużycie węgla przez całą kotłownię:

(20) $B_{\Sigma} = B_2^M + B_1 = f_2(D_2^M) + f_1(D_1^E + \Delta D)$.

Natomiast w okresie, gdy kocioł 2 będzie już brać udział w pokrywaniu wzrostu obciążenia ogólnego kotłowni — od punktu N począwszy posuwając się wzwyż po krzywej $B_2 = f_2(D_2)$ — zużycie węgla przez całą kotłownię wyrazi się następującym równaniem:

(21) $B_{\Sigma} = f_2(D_2^N + \Delta D_2) + f_1(D_1^E + \Delta D - \Delta D_2)$.

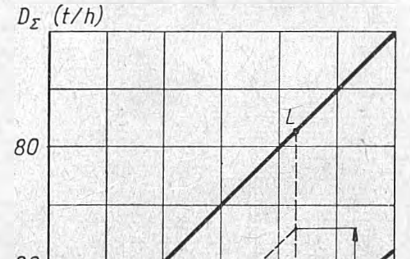
Z rys. 9 mamy:

(22) $D_2^N = D_2^M$,

a zatem w chwili powrotu do pokrywania zmian obciążenia kotłowni dwiema jednostkami należy zrównać prawe strony zależności (20) i (21), tj.:

(23) $f_2(D_2^M) + f_1(D_1^E + \Delta D) = f_2(D_2^M + \Delta D_2) +$
$+ f_1(D_1^E + \Delta D - \Delta D_2)$.

Równanie to można łatwo rozwiązać metodą wykreślną. Korzystając z krzywych B_1' i B_2', przedstawionych na



Rys. 11. Wykres rozkładu obciążenia na dwa kotły z rys. 9 pracujące równolegle

rys. 10, zestawiamy krzywe ekonomicznego rozkładu obciążenia (rys. 11), a następnie krzywą zależności ogólnego zużycia węgla od wydajności kotłowni (rys. 12).

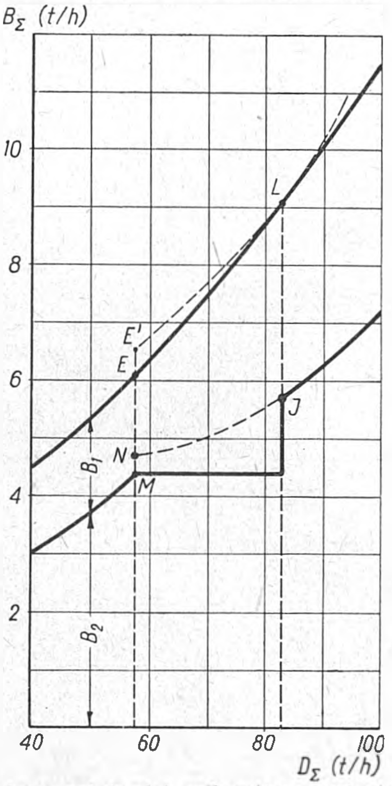
Przebieg rozumowania jest następujący. Podstawowym warunkiem ekonomicznego rozkładu obciążenia jest rów-

ność pierwszych pochodnych funkcji $B = f(D)$ dla obu współpracujących kotłów, a więc

$$B_1' = B_2';$$

stąd przy $D_2 = D_2^M$ mamy $D_1 = D_1^E$.

Przebieg ogólnej wydajności kotłowni, przy jednakowych skalach osi rzędnych i osi odciętych (rys. 11), przed-



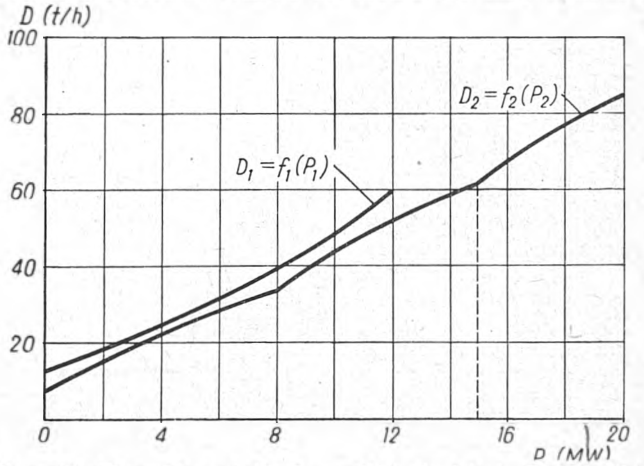
Rys. 12. Wykres zależności całkowitego zużycia paliwa od wydajności kotłowni $B_\Sigma = f(D_\Sigma)$ przy pracy równoległej dwóch kotłów z rys. 9

stawia linia prosta, nachylona pod kątem 45° i przechodząca przez początek układu osi współrzędnych. Z punktu M (na rys. 11) prowadzimy prostą poziomą, obrazującą stałe obciążenie kotła *2* po przekroczeniu odpowiedniego punktu M na krzywej $B_2 = f_2(D_2)$ z rys. 9. Widzimy więc, że od punktu M począwszy mamy dwie alternatywy rozkładu obciążeń na kotły *1* i *2*: jedną według krzywej przerywanej, drugą zaś według prostej poziomej (rys. 11).

Celem określenia, która z tych alternatyw jest bardziej ekonomiczna, posługujemy się wykresem zużycia węgla (rys. 12). Budujemy go na podstawie rys. 9, 10 i 11 dla kilku poszczególnych obciążeń kotłowni, wybranych w pewnych odstępach. Na wykresie tym, począwszy od punktu E względnie E', mamy dwie krzywe ogólnego zużycia węgla, odpowiadające dwu omówionym wyżej alternatywom rozkładu obciążenia. Z krzywych tych widać, że zastosowanie zasady równości pierwszych pochodnych $B_1' = B_2'$ — w obszarze na prawo od punktu E (E') — daje początkowo powiększenie zużycia węgla (w stosunku do rozkładu ekonomicznego), przy czym różnica ta ulega stopniowemu zmniejszaniu wraz ze wzrostem D_Σ. W punkcie L krzywe obu alternatyw przecinają się i w obszarze obciążeń poza punktem L znów zasada równości pierwszych pochodnych zapewnia ekonomiczny rozkład obciążeń.

Z rys. 12 przenosimy położenie punktu L na rys. 11 i, rzutując go na oś odciętych, określamy wielkość ΔD_Σ (przyrost wydajności kotłowni), którą ekonomicznie jest pokryć tylko kotłem *1* (obciążenie kotła *2* — stałe: $D_2 = D_2^M$), oraz wielkość ΔD_2 tj. przyrost wydajności kotła *2* w chwili powrotu do pokrywania ogólnego wzrostu wydajności kotłowni przez oba kotły pracujące równolegle.

W rezultacie otrzymujemy na rys. 11 ekonomiczny rozkład obciążeń (linie grube) z uwzględnieniem obszaru M — J. Jeśli teraz mamy w ruchu szereg kotłów z ciągłą krzywą $B = f(D)$ i jeden z nieciągłą, to rozkład obciążeń w pierwszej grupie wykonamy według znanej poprzednio metody, a następnie — rozpatrując charakterystykę całej grupy i charakterystykę nieciągłą — znajdziemy wyżej podanym sposobem rozkład obciążenia dla całej kotłowni.



Rys. 13. Charakterystyki $D = f(P)$ dwóch turbozespołów pracujących równolegle

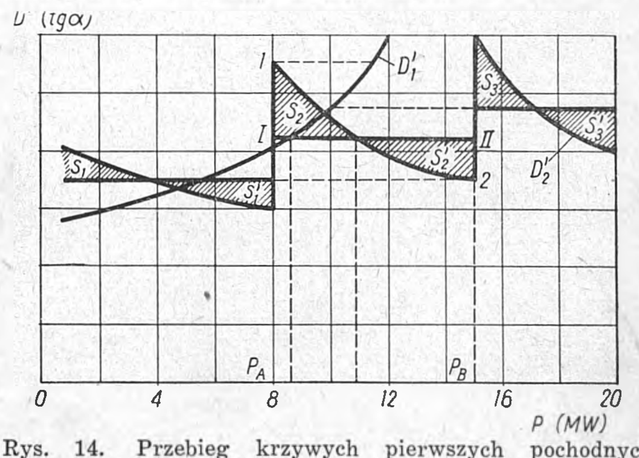
$D_1 = f_1(P_1)$ — krzywa ciągła; $P_{max} = 12$ MW

$D_2 = f_2(P_2)$ — krzywa z punktami nieciągłości przy obciążeniach 8 MW i 15 MW; $P_{max} = 20$ MW

Gdy w ruchu kotłowni znajdują się tylko kotły o nieciągłej charakterystyce, wzrost obciążenia pokrywamy kolejno pojedyńczymi jednostkami.

D. Ekonomiczny rozkład obciążenia przy pracy równoległej dwóch turbozespołów, z których jeden posiada nieciągłą charakterystykę $D = f(P)$

Rozpatrzymy teraz wypadek pracy równoległej dwóch turbozespołów, z których jeden posiada ciągłą charakterystykę $D_1 = f_1(P_1)$ (regulacja jakościowa pary), a drugi — nieciągłą $D_2 = f_2(P_2)$ (regulacja ilościowa pary). Na rys. 13 mamy przedstawiony przebieg charakterystyk, a na rys. 14 przebieg krzywych pierwszych pochodnych D_1' i D_2' obu rozpatrywanych turbozespołów.



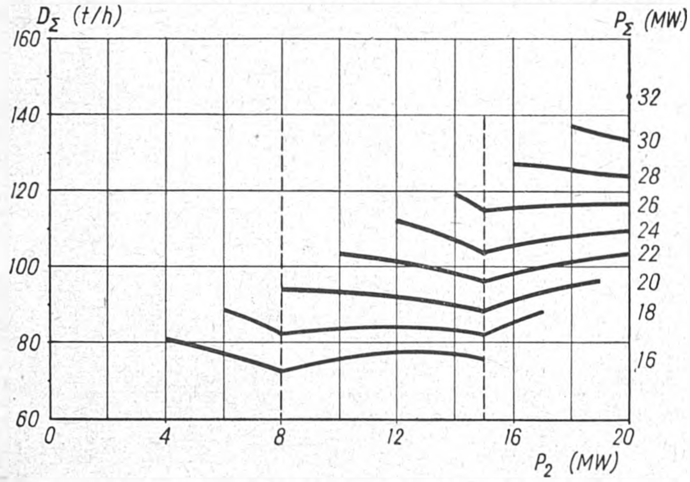
Rys. 14. Przebieg krzywych pierwszych pochodnych D_1' i D_2' funkcji $D = f(P)$ dla dwóch turbozespołów z rys. 13

W tym wypadku nie możemy stosować metody równych przyrostów względnych, gdyż przy krzywych $D = f(P)$, obróconych wypukłością ku górze, metoda ta prowadzi do określenia maksymum ogólnego zużycia pary.

Na rys. 15 jest przedstawiona rodzina krzywych, wyrażających zależność ogólnego zużycia pary od obciążenia turbozespołu *2*, dla różnych obciążeń sumarycznych. Krzywe te otrzymano przez zastosowanie metody tabelkowo-wykreślnej, opisanej szczegółowo w rozdz. 4. Metoda ta, aczkolwiek dość żmudna przy analizie współpracy wielu jednostek, w danym przykładzie (dwa współpracujące turbozespoły, przy czym jeden z nich o nieciągłej charak-

terystyce, wykluczającej zastosowanie metody rachunku różniczkowego) szybko prowadzi do celu, dając wynik zupełnie ścisły.

Z wykresów widać, że minimum ogólnego zużycia pary wypada przy obciążeniach turbozespołu 2: $P_2 = 8$ MW i $P_2 = 15$ MW, odpowiadających punktom nieciągłości



Rys. 15. Wykres zależności całkowitego zużycia pary od rozkładu obciążenia na dwa turbozespoły z rys. 13 pracujące równolegle

P_Σ — parametr zmienny

krzywej $D_2 = f_2(P_2)$. W praktyce wystarczającą dokładność można uzyskać przez przekształcenie krzywej D_2' w sposób przedstawiony na rys. 14. Musimy przy tym tak dobrać średnie wartości D_2' w poszczególnych obszarach, aby pola zakreskowane były odpowiednio sobie równe:

$$S_1 = S_1'; \quad S_2 = S_2'; \quad S_3 = S_3'.$$

Warunek ten wynika z następującego rozważania. W przyjętym układzie osi współrzędnych (rys. 14) pole zawarte między krzywą $D_2' = f_2'(P_2)$ a osią odciętych przedstawia nam wzrost zużycia pary przy zmianie obciążenia turbozespołu 2. Np. zmieniając obciążenie turbozespołu 2 o

$$\Delta P_2 = P_B - P_A,$$

zwiększamy zużycie pary o

$$\Delta D_2 = \int_{P_A}^{P_B} D_2' \cdot dP_2,$$

tj. o powierzchnię

$$\Delta D_2 = D_B - D_A = S\,[P_A, 1, 2, P_B, P_A],$$

lub inaczej

$$\Delta D_2 = S\,[P_A, I, II, P_B, P_A] + S_2 - S'_2,$$

czyli:

$$\Delta D_2 = \Delta P_2 \cdot D'_{2śr} + S_2 - S'_2.$$

W założeniu, że rozpatrywany turbozespół pracuje równolegle z całą grupą turbozespołów i że wszystkie jednostki posiadają jednakowe D', możemy z pewnym przybliżeniem przyjąć, że niewielka zmiana obciążenia rozpatrywanego turbozespołu nie wpłynie na D'_{gr} całej grupy. W tym wypadku można napisać:

$$\Delta D_{gr} = \Delta P_2 \cdot D'_{gr}.$$

Jeśli zgodnie z założeniem

$$D_2'{}_{śr} = D'_{gr},$$

to

$$\Delta D_\Sigma = \Delta D_2 - \Delta D_{gr} = S_2 - S_2',$$

a przy doborze prostej I — II tak, aby

$$S_2 = S_2',$$

nie będziemy mieli żadnych strat dodatkowych w zużyciu ogólnym pary.

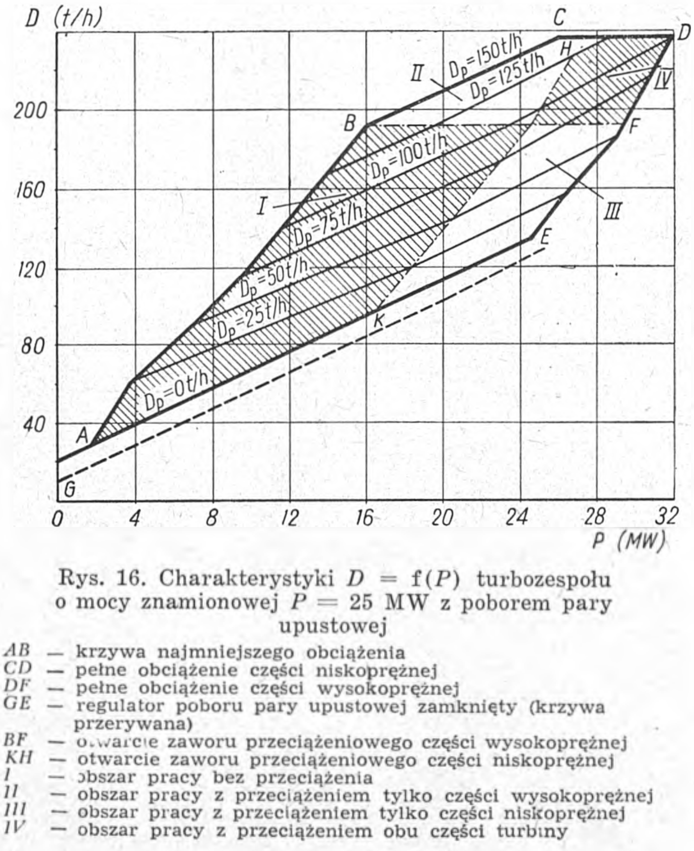
Praktycznie więc biorąc, przy turbozespołach o charakterystykach podobnych do przedstawionej krzywą $D_2 = f_2(P_2)$ na rys. 13 posługujemy się uproszczeniem, polegającym na zastąpieniu krzywej rzeczywistej — krzywą łamaną o odcinkach prostych, a błąd przez to popełniany będzie stosunkowo nieznaczny.

E. Charakterystyki turbozespołów z regulowanym poborem pary grzejnej

Na rys. 16 przedstawiono przykładowo charakterystykę turbozespołu o mocy znamionowej $P = 25$ MW z regulowanym poborem pary zaczepowej. Dla uproszczenia przedstawiona tutaj charakterystyka składa się z odcinków prostych.

Na wykresie linią przerywaną *GE* zaznaczono przebieg charakterystyki turbiny przy odłączonym regulatorze poboru pary grzejnej. W tym wypadku turbina pracuje w układzie czysto kondensacyjnym, a uproszczona jej charakterystyka ma przebieg prostolinijny z normalnym załamaniem po przekroczeniu mocy ekonomicznej tj. ok. 20 MW (otwarcie zaworów przeciążeniowych).

Pracę turbiny przy różnych regulowanych poborach pary zaczepowej przedstawia dalsza część wykresu, ogra-



Rys. 16. Charakterystyki $D = f(P)$ turbozespołu o mocy znamionowej $P = 25$ MW z poborem pary upustowej

AB — krzywa najmniejszego obciążenia
CD — pełne obciążenie części niskoprężnej
DF — pełne obciążenie części wysokoprężnej
GE — regulator poboru pary upustowej zamknięty (krzywa przerywana)
BF — otwarcie zaworu przeciążeniowego części wysokoprężnej
KH — otwarcie zaworu przeciążeniowego części niskoprężnej
I — obszar pracy bez przeciążenia
II — obszar pracy z przeciążeniem tylko części wysokoprężnej
III — obszar pracy z przeciążeniem tylko części niskoprężnej
IV — obszar pracy z przeciążeniem obu części turbiny

niczona wielobokiem *ABCDEA*, wewnątrz którego zaznaczono przebiegi charakterystyk dla ustalonych ilości pary upustowej od 0 do 150 t/h.

Każda z krawędzi obszaru *ABCDEA* ma swe znaczenie fizyczne, a więc:

łamana *AB* określa najmniejsze obciążenia turbiny przy ustalonych poborach pary upustowej;

prosta *BC* przedstawia największy pobór pary, ograniczony przełykiem zaworu upustowego;

prosta *CD* określa graniczną ilość pary dolotowej do turbiny, uzależnioną od przełyku części wysokiego ciśnienia;

łamana *DFE* stanowi granicę największego obciążenia części niskiego ciśnienia;

łamana *AKE* przedstawia charakterystykę turbiny pracującej bez poboru pary grzejnej, lecz z włączonym regulatorem upustowym.

Turbina z regulowanym poborem pary stanowi w istocie zespół dwóch jednostek umieszczonych na wspólnym wale, przy tym każda z nich posiada własne zawory przeciążeniowe, których działanie zaznacza się załamaniem charakterystyki. Linie *BF* i *KH*, łączące odpowiednie

punkty załomów, dzielą całą powierzchnię wieloboku *ABCDEA* na cztery części, z których:

obszar I przedstawia zakres pracy turbiny, w którym żaden z zaworów przeciążeniowych nie jest otwarty;

obszar II przedstawia zakres pracy turbiny, w którym jest otwarty tylko zawór przeciążeniowy części wysokiego ciśnienia;

obszar III przedstawia zakres pracy turbiny, w którym jest otwarty tylko zawór przeciążeniowy części niskiego ciśnienia;

obszar IV przedstawia zakres pracy turbiny, w którym są otwarte zawory przeciążeniowe obu części tj. wysokiego i niskiego ciśnienia.

Ponieważ dzięki przyjętym uproszczeniom przebieg poszczególnych charakterystyk jest prostolinijny, przeto możemy łatwo obliczyć wartość pochodnej D' całej turbiny dla czterech wydzielonych obszarów.

Oznaczając przez D'_{I}, D'_{II}, D'_{III}, i D'_{IV} odpowiednie wartości pochodnej całej turbiny dla obszarów *I, II, III* i *IV*, a przez D'_{1W} i D'_{2W} pochodne dla części wysokoprężnej i przez D'_{1N} i D'_{2N} pochodne dla części niskoprężnej, przy czym *1* oznacza zakres pracy turbiny od początku krzywej do punktu załamania, a *2* oznacza zakres pracy turbiny od punktu załamania się charakterystyki do punktu największej mocy (obszar otwarcia zaworów przeciążeniowych), otrzymujemy:

I — obszar bez przeciążenia:

$$D'_{\mathrm{I}} = \frac{D'_{1W} \cdot D'_{1N}}{D'_{1W} + D'_{1N}};$$

II — obszar przeciążenia części wysokoprężnej:

$$D'_{\mathrm{II}} = \frac{D'_{2W} \cdot D'_{1N}}{D'_{2W} + D'_{1N}};$$

III — obszar przeciążenia części niskoprężnej:

$$D'_{\mathrm{III}} = \frac{D'_{1W} \cdot D'_{2N}}{D'_{1W} + D'_{2N}};$$

IV — obszar przeciążenia obu części:

$$D'_{\mathrm{IV}} = \frac{D'_{2W} \cdot D'_{2N}}{D'_{2W} + D'_{2N}}.$$

Po obliczeniu powyższych wartości posługujemy się nimi przy określaniu ekonomicznego rozkładu obciążenia pomiędzy grupą turbozespołów bez poboru pary zaczepowej a turbozespołem rozpatrywanym obecnie.

4. Tabelkowo - wykreślny sposób ekonomicznego rozkładu obciążen a na jednostki pracujące równolegle.

Zastosowanie praktyczne przedstawionej wyżej teorii przyrostów względnych do określenia ekonomicznego rozkładu obciążenia może być w wypadkach bardziej skomplikowanych dość trudne. Trudności te polegają na niedogodnych warunkach, ograniczających zakres ważności teorii przyrostów. Dlatego też poszukiwano metody wolnej od wszelkich ograniczeń, a jednocześnie możliwie prostej. Sposób opisany niżej opiera się na tabelach zależności $B = f(D)$, względnie $D = f(P)$, zestawionych z odpowiednich charakterystyk współpracujących jednostek.

Zajmiemy się przykładowo zastosowaniem tej metody w wypadku pracy równoległej dwóch turbozespołów, nie ma jednak żadnych zasadniczych trudności w rozszerzeniu jej na więcej współpracujących jednostek. Przejście do każdej następnej jednostki wymaga tylko traktowania rozpatrzonej poprzednio grupy jako całości i znalezienia w sposób stereotypowy warunków ekonomicznej współpracy tej grupy z dalszą jednostką.

Zanim przejdziemy do właściwych obliczeń, musimy odpowiedzieć na pytanie, w jakim zakresie mocy P_1 i P_2 posiada sens praktyczny poszukiwanie ekonomicznego rozkładu obciążenia przy dwóch współpracujących turbozespołach.

Dopóki

$$P_{\Sigma} < P_{1max} \text{ lub } P_{\Sigma} < P_{2max},$$

pędzimy tylko jeden turbozespół i oczywiście ten, który ma wyższą sprawność.

Jeżeli $P_{1max} \neq P_{2max}$, to może nastąpić zamiana pracujących turbozespołów. Np. w założeniu $P_{1max} < P_{2max}$ przy obciążeniu ogólnym $P_{\Sigma} < P_{1max}$ pracuje turbozespół *1*, a przy dalszym wzroście obciążenia uruchamiamy turbozespół *2*, zatrzymujemy zaś turbozespół *1*. Oczywiście, czynność ta musi być usprawiedliwiona różnicą sprawności turbozespołów. Dopiero w obszarze mocy

$$P_{\Sigma} > P_{2max} > P_{1max}$$

wchodzi w grę praca równoległa obu jednostek.

Oznaczając przez

P_{Σ} zadane obciążenie całej maszynowni,

P_{1min} i P_{2min} — odpowiednio — moce najmniejsze turbozespołów,

P_{1max} i P_{2max} — odpowiednio — moce największe turbozespołów,

mamy:

$$P_{1min} = P_{\Sigma} - P_{2max},$$

$$P_{2min} = P_{\Sigma} - P_{1max}.$$

Przy tym P_{1min} i P_{2min} są dolnymi granicami mocy rozpatrywanych turbozespołów i praca z obciążeniami niższymi jest — praktycznie biorąc — niemożliwa. Natomiast powyżej tych mocy granicznych można pokryć

T.7														
P_7 MW	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
D_7 t/h	40	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	95	101	108

																T.2
93	84	76	70	64	58	53	48	44	39	35	30	26	21	17	12	D_2 t/h
16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	P_2 MW

T.2+T.7														
P_{Σ} MW	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
D_{Σ} t/h	122	127	132	137	142	147	152	159	165	171	177	184	192	201

Rys. 17. Tabelki zależności $D = f(P)$ zestawione na paskach papieru dla dwóch turbozespołów pracujących równolegle

$D_7 = f_7 (P_7)$ — turbozespół o mocy $P_{max} = 14$ MW

$D_2 = f_2 (P_2)$ — turbozespół o mocy $P_{max} = 16$ MW

zadane obciążenie ogólne nieskończoną ilością sposobów, a zakres możliwych rozkładów obciążenia zwęża się wraz ze wzrostem zadanego obciążenia ogólnego.

Wreszcie przy

$$P_{\Sigma} = P_{1max} + P_{2max}$$

rozkład obciążenia zostaje już z góry narzucony.

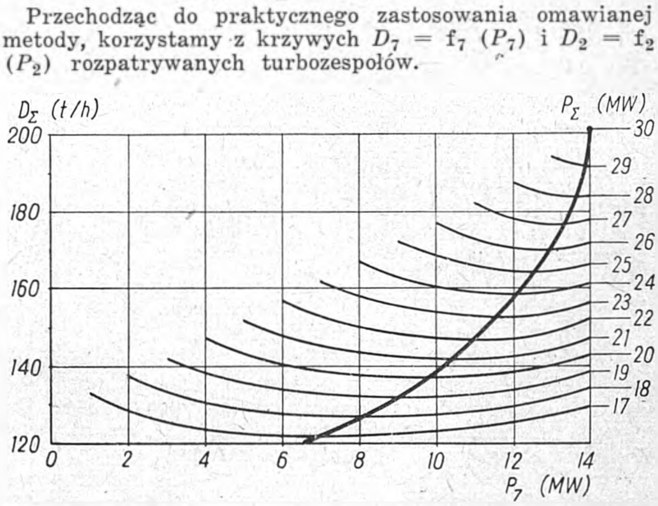
Powyższe uwagi można ująć w równanie:

$$P_{1max} - P_{1min} = P_{2max} - P_{2min} = P_{1max} + P_{2max} - P_{\Sigma},$$

a rozpatrywany zakres zmian P_{Σ} wyrazi się wzorem:

$$P_{2max} < P_{\Sigma} > P_{1max} + P_{2max}.$$

Przechodząc do praktycznego zastosowania omawianej metody, korzystamy z krzywych $D_7 = f_7 (P_7)$ i $D_2 = f_2 (P_2)$ rozpatrywanych turbozespołów.



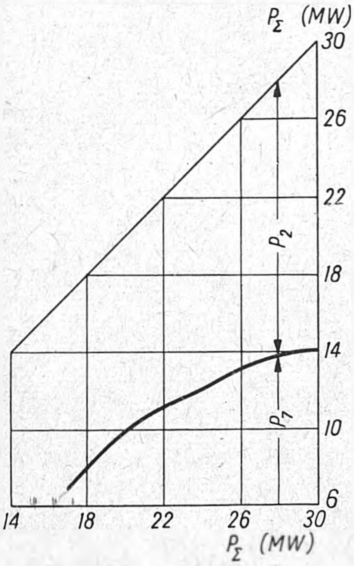
Rys. 18. Przebieg krzywych $D_{\Sigma} = f(P_7)$ przy parametrze zmiennym P_{Σ} dla dwóch turbozespołów z rys. 17 pracujących równolegle

Na dwóch paskach papieru wypisujemy wartości D i P w postaci tabelek, przy czym wartości na P zostały wy-

brane w równych odstępach dla obu turbozespołów (np. co 1 MW). Rys. 17 przedstawia nam dwa paski przygotowane dla współpracujących turbozespołów T. 7 i T. 2 oraz pasek zbiorczy T. 7 + T. 2.

Zmieniając względne położenie pasków T. 7 i T. 2 i obliczając sumaryczne zużycie pary, otrzymamy dla każdego zadanego obciążenia ogólnego P_{Σ} traktowanego jako parametr zmienny, krzywą zależności $D_{\Sigma} = f(P_7)$. Zespół krzywych $D_{\Sigma} = f(P_7)$ mamy przedstawiony na rys. 18 i widzimy, że wykazują one wyraźne minima.

Łącząc punkty minimum nową krzywą, otrzymujemy zależność $P_7 = f(P_{\Sigma})$, spełniającą warunek ekonomicznego rozkładu obciążenia na współpracujące turbozespoły 7 i 2. Dla każdego zadanego obciążenia ogólnego maszy-



P_{Σ} MW	P_7 MW	P_2 MW	$D_{\Sigma\,min}$ t/h
30	14,0	16,0	201
29	13,9	15,1	192
28	13,7	14,3	184
27	13,3	13,7	177
26	13,0	13,0	171
25	12,6	12,4	165
24	12,0	12,0	159
23	11,5	11,5	152
22	11,0	11,0	147
21	10,5	10,5	142
20	10,0	10,0	137
19	9,0	10,0	132
18	8,0	10,0	127
17	7,0	10,0	122

Rys. 19. Tabelka i wykres rozkładu obciążenia na dwa turbozespoły z rys. 17 pracujące równolegle

nowni z krzywej tej odczytamy obciążenie turbozespołu 7, a obciążenie turbozespołu 2 obliczymy z zależności $P_2 = P_{\Sigma} - P_7$. Dla praktycznego użytku zestawiamy tabelkę, względnie krzywą ekonomicznego rozkładu obciążenia, przedstawioną na rys. 19.

Wykres na rys. 20 podaje nam przebieg krzywych zużycia ogólnego pary w maszynowni, w której pracują turbozespoły 7 i 2, a więc krzywe $D_{\Sigma} = f(P_{\Sigma})$. Przy tym krzywa ciągła *I* przedstawia nam ekonomiczny rozkład obciążenia, a krzywe przerywane *II* i *III* — pokrycie przyrostów obciążenia tylko jednym turbozespołem. Z różnicy rzędnych możemy obliczyć zmniejszenie zużycia pary przez maszynownię w wypadku rozkładu obciążenia zgodnego z zasadami ekonomii.

W zastosowaniu do większej liczby turbozespołów (lub kotłów) pracujących równolegle opisana metoda jest nieco żmudna, posiada jednak ważne zalety:

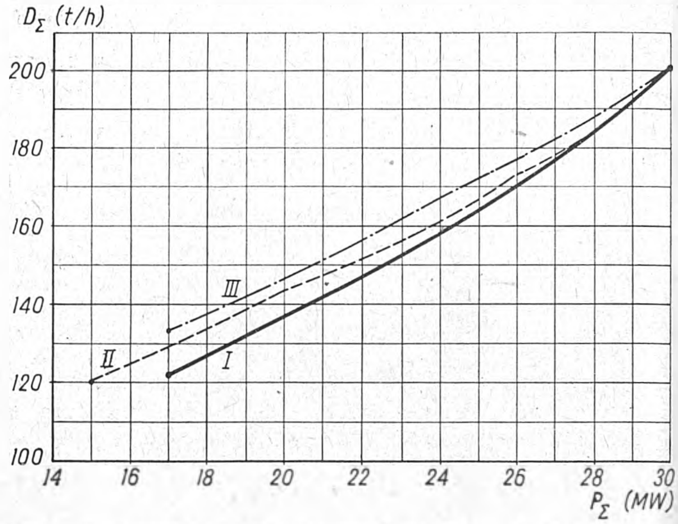
a) nie zawiera żadnych uprzednich założeń, może być zatem zawsze użyta;

b) sposób postępowania jest zawsze ten sam i sprowadza się do czynności czysto mechanicznych.

5. Węgiel umowny i para umowna.

Przykłady, przytoczone wyżej, zostały rozwiązane w założeniu, że wszystkie rozpatrywane kotły są opalane tym samym gatunkiem węgla, względnie że rozpatrywane turbozespoły są zasilane parą o tych samych parametrach. Wypadki takie są często spotykane w elektrowniach krajowych. Czasem jednak siłownie pracują na dwa lub nawet trzy ciśnienia pary, posiadają turbiny przeciwprężne, a kotłownie są wyposażone w kotły rusztowe i pyłowe, spalające różne gatunki węgla. Wówczas przed przystąpieniem do ekonomicznego rozkładu obciążenia na jednostki pracujące równolegle musimy przeliczyć rzeczywiste zużycie węgla i rzeczywiste zużycie pary na wartości umowne.

W Polsce przyjęto za podstawę porównań węgiel o umownej wartości opałowej $H_u = 6000$ kcal/kg (w ZSRR natomiast stosują węgiel umowny o wartości opałowej $H_u = 7000$ kcal/kg). Opierając się na podanej



Rys. 20. Charakterystyki maszynowni $D_{\Sigma} = f(P_{\Sigma})$ przy pracy równoległej dwóch turbozespołów z rys. 17

I — ekonomiczny rozkład obciążenia na turbozespoły 7 i 2: $D_{\Sigma min} = f(P_{\Sigma})$
II — obciążenie turbozespołu 7 : P_7 = 14 MW = const. obciążenie turbozespołu 2 : P_2 zmienne
III — obciążenie turbozespołu 2 : P_2 = 16 MW = const. obciążenie turbozespołu 7 : P_7 zmienne

liczbie, otrzymujemy następujący wzór na przeliczenie zużycia węgla rzeczywistego na węgiel umowny:

$$B_u = B_{rz} \cdot \frac{H_{rz}}{6000} \quad \text{t/h},$$

gdzie B_u — zużycie węgla umownego w t/h,
B_{rz} — zużycie węgla rzeczywistego w t/h,
H_{rz} — wartość opałowa węgla rzeczywistego w kcal/kg.

Analogicznie przedstawia się wzór na przeliczenie zużycia lub produkcji pary rzeczywistej na parę umowną, który podajemy według literatury technicznej ZSRR:

$$D_u = D_{rz} \cdot \frac{i - i_o}{640} \quad \text{t/h},$$

gdzie D_u — produkcja, względnie zużycie pary umownej w t/h,
D_{rz} — produkcja, względnie zużycie pary rzeczywistej w t/h,
i — cieplik pary rzeczywistej w kcal/kg,
i_o — dla kotłów — temperatura wody zasilającej; dla turbin (specjalnie z zaczepami) i_o musi być obliczone w zależności od procentowej ilości zwróconych skroplin itp.

6. Zakończenie.

Na zakończenie powyższych rozważań należy zaznaczyć, że celowo rozpatrywano tutaj sposoby zmniejszenia zużycia pary i węgla w warunkach z góry narzuconych (obciążenie ogólne, ilość współpracujących jednostek itd.).

Odrębnym zagadnieniem jest sprawa uruchamiania i zatrzymywania turbin i kotłów celem dostosowania liczby jednostek będących w ruchu do przebiegu krzywej obciążenia ogólnego elektrowni.

Poza tym w praktyce mogą występować najrozmaitsze czynniki, wpływające poważnie na program pracy równoległej poszczególnych jednostek. Dla przykładu wspomnijmy o zapotrzebowaniu na moc bierną, co zmusza niekiedy do pędzenia w elektrowniach większej liczby turbozespołów, niżby to wynikało z przebiegu obciążenia mocą czynną.

Niemniej jednak we wszelkich warunkach ruchu ekonomiczny rozkład obciążenia na jednostki pracujące równolegle może dać istotne polepszenie gospodarki cieplnej elektrowni, warto więc tej sprawie poświęcać dość uwagi.

LITERATURA

1. Romm E. J. Kotielnyje ustanowki. Moskwa, 1946
2. Szczeglajew A. W. Niekotoryje woprosy eksploatacji parowych turbin. Moskwa, 1947
3. Gornsztein W. M. Naiwygodniejszeje razpredielenje nagruzok mieżdu parallelno rabotajuszczymi elektrostancjami. Moskwa, 1949
4. Hauffe G. Über die günstigste Lastverteilung parallel arbeitender Energieerzeuger. ETZ, 1939, nr 24, (Berlin)
5. Steinberg & Smith. Economical disposition of load. Electrical Engineering, 1934, nr 53, (London)
6. Steinberg & Smith. Theory of increments and its adaptation to load's disposition. Revue of Energetics, 1936, nr 1/2, (London)
7. Kaufman P. Disposition of load on several boiler's units. Journ. of the Instit. of Mechanical Engineers, 1942, (London)

INŻ. ANDRZEJ MYŚLICKI
GIEI

Wpływ czasu na zmianę wydłużenia przewodów linii elektrycznych*)

Treść. Referat podaje analizę przyczyn wzrostu wydłużenia przewodów linii napowietrznych po ich wyregulowaniu w czasie montażu oraz przegląd stosowanych metod w budowie linii napowietrznych dla uniknięcia zjawiska. Podany zmodyfikowany wykres naprężenia przewodu w funkcji wydłużenia, uwzględniający wpływ czasu na przebieg zjawiska, pozwala na ujęcie liczbowe przebiegu zmian wydłużenia w czasie i ustalenie najodpowiedniejszych wielkości naprężeń wstępnych oraz potrzebnego czasu dla ustalenia się stanu przewodu.

Влияние времени на изменение удлинения проводов электрических линий. Статья анализирует причины роста удлинения проводов воздушных линий после отрегулирования их во время прокладки, а также дает обзор мероприятий, применяемых при постройке воздушных линий для устранения этого явления. Дается видоизмененная диаграмма механических напряжений в проводе в функции удлинения, учитывающая влияние времени на процесс явления. Диаграмма позволяет подойти с численной стороны к процессу удлинения провода с течением времени и установить наиболее подходящие величины начальных напряжений и время необходимое для достижения проводом установившегося состояния.

The influence of time on the stretching of electric conductors. The article contains an analysis of the causes of increase in the stretching of overhead conductors after they have been adjusted at the time of erection, as well as a review of the methods applied in overhead line construction to prevent this occurrence. The modified diagram of conductor stress given in the article as a function of stretching, with allowance for the influence of time on the phenomenon of elongation, permits for a numerical determination of the course of changes in the stretching on a time basis, as well as the determination of the most suitable degree of initial stress and the time required for stabilisation of the condition of the conductor.

1. Opis zjawiska.

Jeżeli zawiesimy pomiędzy dwoma punktami stałymi przewód elektryczny (jednorodny lub złożony) w temperaturze t_0 z naprężeniem σ_0, to możemy zaobserwować, że zwis jego będzie się zmieniał w zależności od zmian temperatury i wielkości obciążeń dodatkowych (wiatr, sadź). Po upływie pewnego okresu, w czasie którego przewód podlegał naprężeniom większym od σ_0, będziemy mogli stwierdzić, że w temperaturze t_0, w której przewód był zawieszany, naprężenie wyniesie σ'_0, przy czym $\sigma'_0 < \sigma_0$.

Zmniejszenie się naprężenia w zawieszonym przewodzie powoduje wzrost zwisu. Zjawisko powiększania się zwisów w czasie eksploatacji linii zostało już dawno zaobserwowane. Wzrost zwisu po wyregulowaniu przewodów w czasie montażu linii powoduje zmniejszenie odległości przewodów od ziemi i obiektów (budynki, drogi, tory kolejowe, linie elektryczne, drzewa itp.). Fakt ten może spowodować konieczność wyłączenia linii z eksploatacji i dokonania nowej regulacji zwisów, jeżeli odległości przewodów od ziemi lub obiektów stały się mniejsze od dopuszczonych przez przepisy. W liniach, w których nie stosowano żadnych środków dla uniknięcia tego zjawiska, zaobserwowano po kilku latach eksploatacji wzrost zwisu, dochodzący do kilkunastu procentów.

2. Metody unikania skutków powiększania się zwisów.

Znane są rozmaite metody unikania skutków powiększania się zwisów przewodów po ich wyregulowaniu w czasie montażu linii. Wszystkie metody postępowania sprowadzają się do jednej z poniższych zasad:

a) uwzględnienie przy budowie linii wielkości zmiany zwisu po wyregulowaniu,

b) uniemożliwienie wzrostu zwisu po wyregulowaniu przez specjalne postępowanie w czasie montażu linii.

Zmiana wielkości zwisu może być uwzględniona przez określenie wielkości naprężenia, przy którym należy wyregulować przewód w czasie montażu linii, aby otrzymać w stanie ustalonym przewodu pożądane wielkości naprężeń i zwisów, lub przez określenie wzrostu zwisu po wyregulowaniu w czasie montażu i przez odpowiednie zmniejszenie rozpiętości lub powiększenie wysokości zawieszenia przewodów. Wielkość naprężenia przewodu w czasie montażu może być wyznaczona bądź przez obliczenie, przy założeniu różnych wielkości modułu sprężystości przewodu pierwszy raz naprężonego i przewodu w stanie ustalonym, bądź też przy pomocy metody wykreślnej (metoda Varney'a). Metoda wykreślna opiera się na pomocniczym wykresie $\sigma = f(\lambda)$ dla przewodu.

Istnieją również metody empiryczne, oparte na opracowanych na podstawie obserwacji i badań, współczynnikach zmniejszenia teoretycznego zwisu. Współczynniki te wskazują, o ile należy zmniejszyć teoretycznie obliczony zwis podczas regulowania przewodu, aby skompensować późniejszy wzrost zwisu.

Dla umożliwienia doregulowania zwisów można także stosować urządzenia specjalne, pozwalające na przesuwanie punktu zawieszenia przewodów. Urządzenia te są montowane na słupach odporowych i mają na celu uniknięcie powtórnego montażu zacisków odciągowych podczas dodatkowej regulacji zwisów.

W odróżnieniu od wyżej podanych metod, które pozwalają na eliminację skutków powiększenia zwisu, istnieje metoda, która uniemożliwia powstanie samego zjawiska. Metoda ta polega na naprężaniu wstępnym przewodu w czasie montażu przez określony przeciąg czasu, przed regulacją wielkości zwisów. Wielkość naprężenia wstępnego zależna jest od doboru największego naprężenia, które może wystąpić w przewodzie w normalnych warunkach pracy, i nie powinna przekraczać 50—60% wytrzymałości przewodu. W ścisłej zależności od wielkości naprężenia wstępnego pozostaje czas naprężania. Jeżeli wielkość obranego naprężenia jest równa naprężeniu zastosowanemu, to czas naprężania musi być tak długi, aby wielkość wydłużenia ustaliła się. Przy naprężeniu wstępnym, którego wartość przekracza naprężenie zastosowane przewodu, czas naprężania wstępnego musi być tak obrany, aby przewód po zmniejszeniu naprężenia do wartości naprężenia zastosowanego miał wydłużenie ustalone.

3. Przyczyny zmiany wydłużenia przewodów.

Przyczyną powiększania się zwisów przewodów po ich wyregulowaniu w czasie montażu linii jest zmiana wielkości wydłużenia. Zjawisko to może być wywołane:

a) odkształceniem się przewodu wskutek jego złożonej konstrukcji,

b) wyciąganiem się przewodów z zacisków i złączek,

c) zjawiskiem pełzania materiału przewodu.

W celu ustalenia przebiegu zmian wydłużeń w czasie oraz wpływu podanych wyżej przyczyn dokonano w Głównym Instytucie Elektrotechniki badań laboratoryjnych.

W wyniku badań stwierdzono, że wyciąganie się przewodów z zacisków i złączek nie może mieć istotnego wpływu na zmianę wydłużenia przewodów po ich wyregulowaniu, ponieważ zjawisko to ustala swą wartość w czasie stosunkowo krótkim.

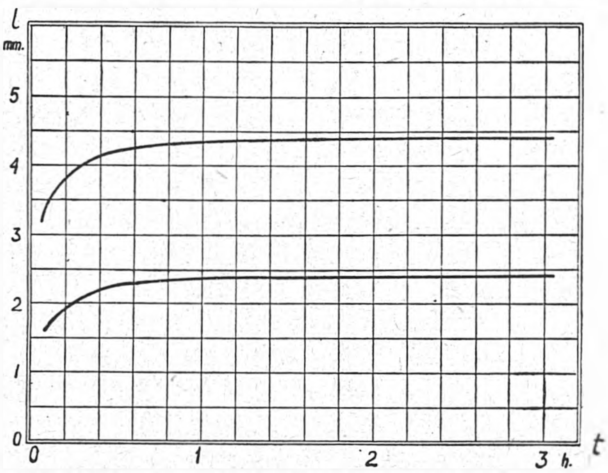
Rys. 1 przedstawia wykres wyciągania się przewodu stalowo-aluminiowego 463 mm² o stosunku przekrojów stali do aluminium 1 : 4,4, z zacisku odciągowego typu stożkowego pod wpływem siły 5280 kg (11,4 kg/mm²). Jak widać

*) Referat zgłoszony na XIII sesję Międzynarodowej Konferencji Wielkich Sieci Elektrycznych w Paryżu (1950).

z wykresu, po upływie 2 godzin praktycznie nie ma już zmiany wydłużenia.

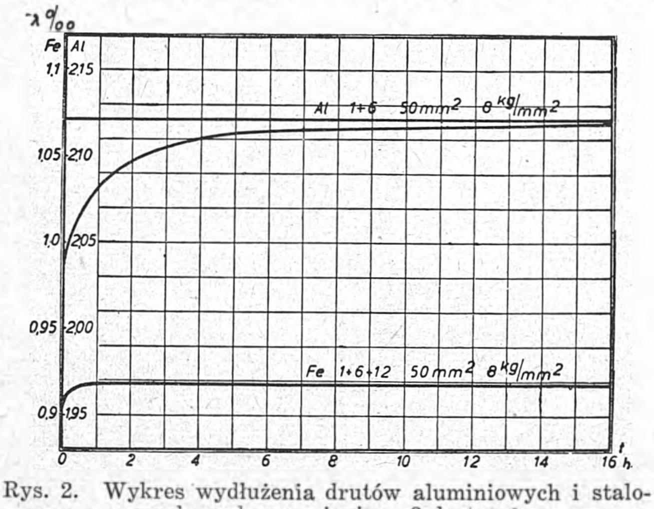
Zjawisko odkształcania się przewodów, wywołane ich złożoną konstrukcją, polega na zaciskaniu się żył, tzn. na zanikaniu istniejących w stanie beznaprężeniowym luzów międzyzwojowych i międzywarstwowych.

W celu ujęcia liczbowego tego zjawiska i wyeliminowania od innych poddano badaniom próbki przewodów alumi-



Rys. 1. Wykres wyciągania się przewodu stalowo-aluminiowego o przekroju 463 mm² z zacisku odciągowego stożkowego pod wpływem siły 5 280 kg

niowych oraz w analogicznych warunkach próbki przewodów stalowych o podobnej konstrukcji. Przy naprężeniach, które istnieją w normalnych warunkach pracy drutów aluminionych i w zakresie temperatur atmosferycznych, stal nie ulega pełzaniu, więc wydłużenie próbki stalowej może być wywołane tylko zaciskaniem się żył. Różnica w prze-



Rys. 2. Wykres wydłużenia drutów aluminiowych i stalowych pod naprężeniem 8 kg/mm²

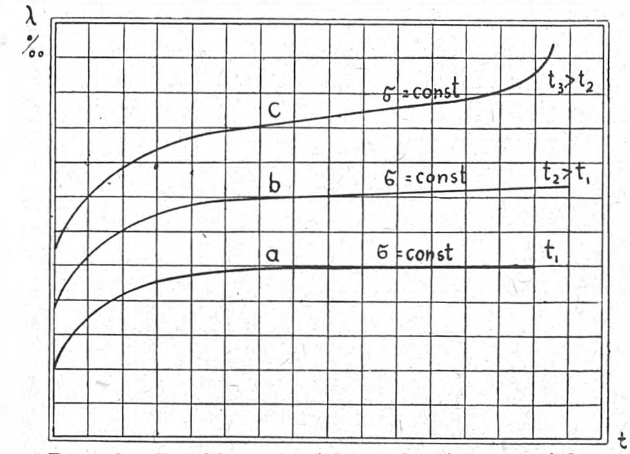
biegu zmian wydłużenia przewodu stalowego i przewodu aluminiowego wskazuje wyraźnie na wpływ zjawiska pełzania materiału przewodu. Rys. 2 podaje wyniki badań przewodów stalowego i aluminiowego, poddanych naprężeniu 8 kg/mm² każdy.

W wyniku pomiarów stwierdzamy, że zaciskanie żył przewodów trwa stosunkowo krótko i nie może mieć istotnego wpływu na zmianę wydłużenia przewodu po wyregulowaniu zwisu w czasie montażu.

Jak widać z powyższego, najistotniejszą przyczyną zmian wydłużeń przewodów po ich zawieszeniu jest zjawisko pełzania materiału przewodowego.

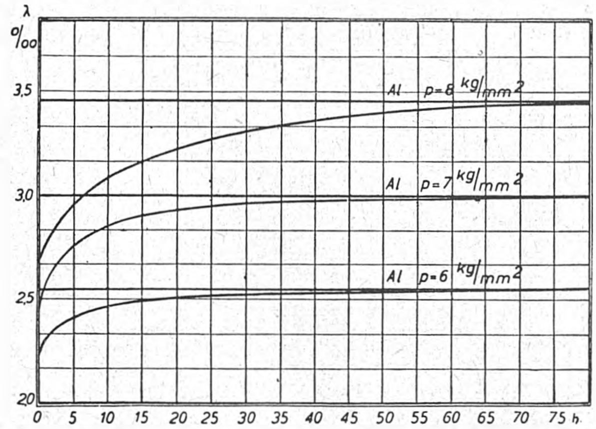
Wiadomo, iż metale poddane długotrwałym naprężeniom ulegają uszkodzeniu pod obciążeniem niższym niż to, które zostało oznaczone jako największe w zwyczajnej próbie rozciągania. Liczne badania mikrostruktury próbek stwierdzają, że aluminium posiada szczególną zdolność do pełzania tzn. do powiększania wydłużenia w zakresie temperatur atmosferycznych. Na wielkość i charakter zmian wydłużenia próbki mają wpływ temperatura i naprężenie. Rys. 3 podaje charakterystyczny przebieg zjawiska pełzania materiału pod obciążeniem.

Możemy rozróżnić trzy charakterystyczne przypadki. Najpierw przebieg, zobrazowany krzywą a, gdy pełzanie



Rys. 3. Przebieg zjawiska pełzania materiału

zmniejsza swą szybkość do zera; jest to tzw. pełzanie przemijające. Krzywa b przedstawia przebieg zjawiska, kiedy po okresie pełzania przemijającego płynięcie jest bardzo powolne, lecz szybkość jego jest stała; jest to tzw.



Rys. 4. Wykres pełzania drutów aluminiowych poddanych różnym wartościom naprężeń

pełzanie ustalone. Krzywa c przedstawia przebieg zjawiska przy wyższych temperaturach i wyższych wartościach naprężeń, przy których następuje okres nagłego wzrostu szybkości pełzania, kończący się zniszczeniem próbki.

W zakresie naprężeń i temperatur stosowanych dla materiałów przewodowych można przyjąć, że szybkość pełzania ustalonego jest równa zeru, a więc można przyjąć przebieg zgodny z krzywą a.

Szybkość pełzania w pierwszym okresie maleje, ponieważ przesunięcia międzykrystaliczne materiału powodują jego utwardzenie i zmianę własności wytrzymałościowych.

Rys. 4 podaje przebieg pełzania aluminium przy rozmaitych wartościach naprężeń. Badania dokonano na drutach aluminiowych o średnicy 4 mm.

4. Wykres naprężenie — wydłużenie przewodu, zmodyfikowany wykres Varney'a.

Jak widać z rysunku 4, ustalenie się wydłużenia przewodów może przy większych wartościach naprężeń trwać kilkadziesiąt godzin, a więc dłużej, niż trwa montaż przewodów odcinka linii. Normalny wykres Varney'a nie uwzględnia wpływu zmian w tym okresie czasu. Metoda Varney'a obliczania stanu przewodu opiera się na zależności wydłużania od naprężenia przewodu

(1) $$\lambda = \varphi(\sigma),$$

przedstawionej wykreślnie, oraz na zależności wydłużenia

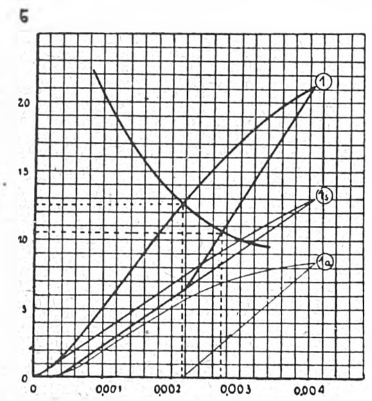
zawieszonego przewodu od naprężenia i temperatury, wyrażonej wzorem

$$\lambda = \frac{a^2 g^2}{24\sigma^2} - \alpha\Theta + C, \qquad (2)$$

gdzie λ — wydłużenie,
σ — naprężenie,
g — ciężar przewodu na 1 m i mm²,
a — rozpiętość,
α — współczynnik wydłużalności cieplnej,
Θ — temperatura,
C — wartość stała.

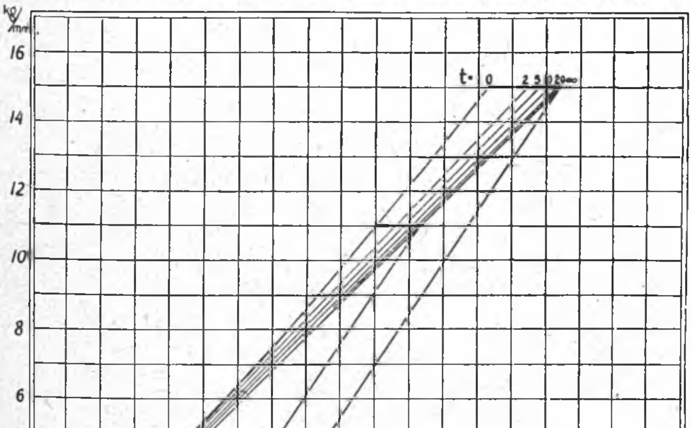
Przez wykreślne rozwiązanie równań (1) i (2) otrzymuje się poszukiwane wartości naprężeń (rys. 5).

Metoda ta nie uwzględnia wpływu zmian wydłużeń, wywołanych pełzaniem materiału przewodowego. W wyniku badań przeprowadzonych w Głównym Instytucie Elektrotechniki opracowany został zmodyfikowany wykres Varney'a, uwzględniający czynnik czasu.



Rys. 5. Wykres naprężenie-wydłużenie

Zasadnicza różnica pomiędzy wykresem naprężenie — wydłużenie a wykresem zmodyfikowanym polega na tym, że wykres zmodyfikowany ujmuje okres czasu, w ciągu którego występuje wzrost wydłużenia przewodu.

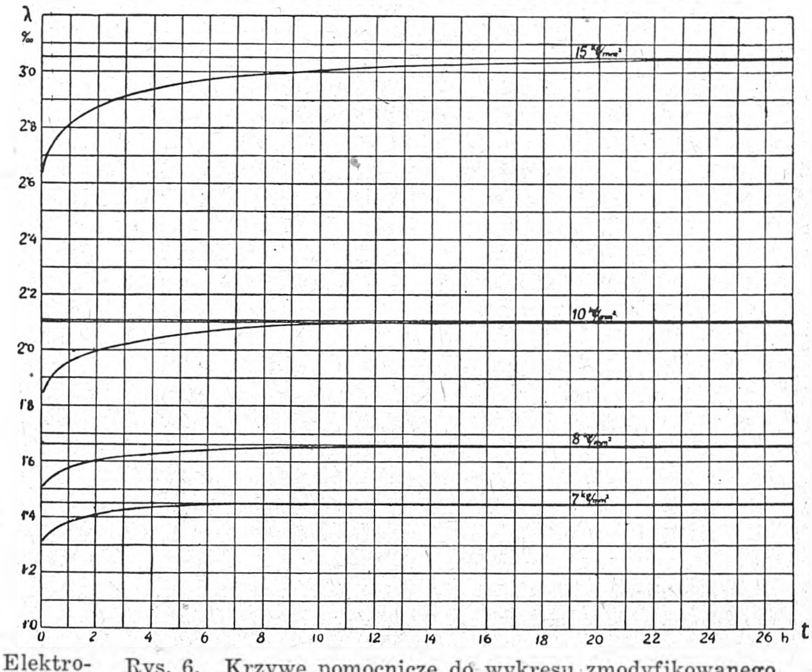


Rys. 7. Wykres zmodyfikowany naprężenie-wydłużenie dla przewodu stalowo-aluminiowego o przekroju 143 mm² (1:6)

Wykres zmodyfikowany buduje się na podstawie szeregu wykresów zmian wydłużenia w funkcji czasu, przy rozmaitych wartościach naprężeń. Wartość naprężenia w czasie pomiaru musi być stała. Podobna rodzina wykresów pomocniczych podana jest na rys. 6.

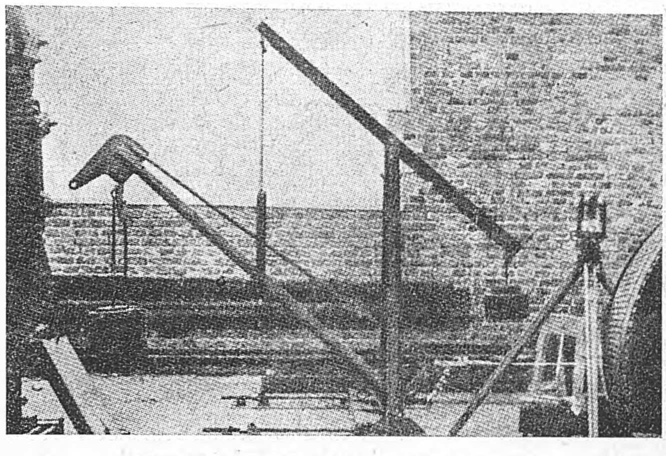
W osiach współrzędnych naprężenie — wydłużenie odkłada się wartości wydłużeń dla czasów t = 0, 1, 2, 5, 10...., godz. i dla różnych wartości naprężeń, a następnie przeprowadza się linie, odpowiadające tym samym czasom t. Rys. 7 podaje otrzymany laboratoryjnie zmodyfikowany wykres dla przewodu stalowo - aluminiowego o przekroju 143 mm², 1 : 6, zbudowany na podstawie wykresu pomocniczego z rys. 6.

Badania w Głównym Instytucie Elektrotechniki zostały przeprowadzone na próbkach o długości pomiarowej 10 m, umieszczonych poziomo. Próbka przewodu, uchwycona w



Rys. 6. Krzywe pomocnicze do wykresu zmodyfikowanego naprężenie-wydłużenie

zaciski odciągowe stożkowe, była przymocowana z jednej strony do konstrukcji stałej, z drugiej zaś była obciążana


Rys. 8. Widok układu pomiarowego

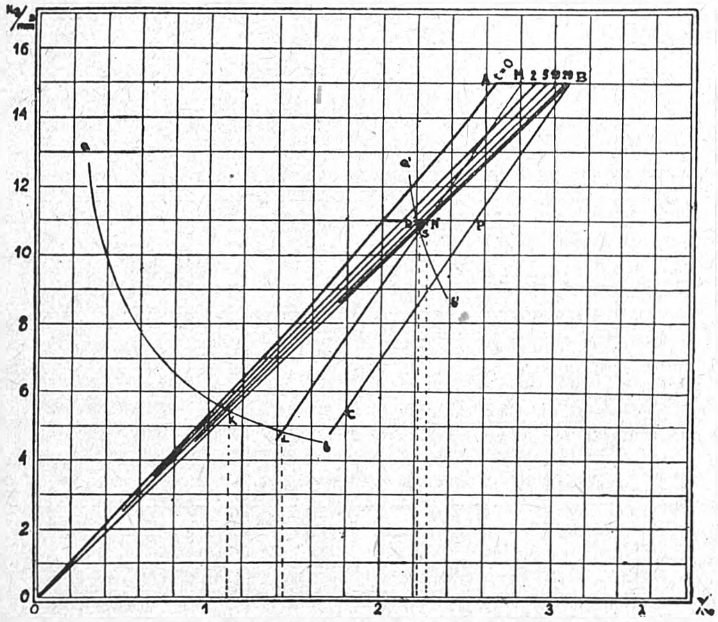
przy pomocy dźwigni dwuramiennej o ramionach wzajemnie prostopadłych i przekładni 1 : 5. W odległości około 1 m od zacisków były przymocowane do przewodu podziałki milimetrowe, pozwalające odczytać przy pomocy teodolitów przesunięcie. Dokładność pomiaru wydłużenia w ukła-

dzie wynosiła 1.10^{-5}. Wpływ temperatury był eliminowany drogą rachunkową. Rys. 8 przedstawia układ pomiarowy.

5 Zastosowania zmodyfikowanego wykresu naprężenie — wydłużenie.

Zmodyfikowany wykres naprężenie — wydłużenie przewodu pozwala na liczbowe określenie przebiegu zmian wydłużenia w czasie. Z wykresu można:

a) ustalić czas, przez który przewód musi być poddany naprężeniu wstępnemu o wartości równej naprężeniu zastosowanemu, aby uniknąć późniejszej zmiany wydłużenia;



Rys. 9. Rozwiązanie wykreślne do przykładu liczbowego

b) wyznaczyć wartość naprężenia wstępnego, większego od naprężenia zastosowanego, oraz czas, przez który przewód powinien być poddany temu naprężeniu dla przyśpieszenia procesu ustalania się wydłużenia;

c) wyznaczyć wzrost wydłużenia, spowodowanego pełzaniem materiału przewodu, jeżeli nie zastosowano środków, mających na celu uniknięcie tego zjawiska.

6. Przykłady liczbowe.

Linia napowietrzna z przewodów stalowo-aluminiowych o przekroju 143 mm². Rozpiętość a = 250 m. Naprężenie zastosowane 11 kg/mm² (sadź normalna w temperaturze —5°C). Wykres zmodyfikowany przewodu podany jest na rys. 9.

Przewód w czasie montażu był utrzymywany przez 10 godzin pod naprężeniem 11 kg/mm². Podczas eksploatacji wydłużenie przewodu wzrośnie i naprężenie przy sadzi normalnej zamiast 11 kg/mm² wyniesie 10,7 kg/mm² (punkty R i S na wykresie).

Należy ustalić czas utrzymywania przewodu pod naprężeniem wstępnym 15 kg/mm². Przez punkt N, odpowiadający wydłużeniu ustalonemu przy naprężeniu 11 kg/mm², prowadzimy prostą równoległą do BC. W przecięciu z linią AB otrzymujemy punkt M. Położenie punktu M odpowiada czasowi t = 1 godz.

LITERATURA

[1] Lebouteux H. Les effets des variations de tension mécanique sur les conducteurs nus. C. I. G. R. É. 1935, Rapp. 229
[2] Strand O. Sur le calcul mécanique des lignes d'énergie et les efforts dans les conducteurs normaux et „non torsibles". C. I. G. R. É. 1935, Rapp. 245
[3] Varney Th. A. C. S. R. Graphic Method for Sag-Tension Calculation. Aluminium Co of America, Pittsburgh, 1927
[4] Alber S., L'influence de l'allongement permanent des conducteurs de lignes aériennes en service. Revue Générale de l'Electricité, 4, VII, 1936
[5] Vinogradoff V. i Torrosian L. Calcul mécanique des conducteurs avec évaluation des déformations permanentes. Revue Générale de l'Electricité, 18, VII, 1936
[6] Stickley G. W. Stress-strain Studies of Transmission Line Conductors. Transactions of the A. I. E. E., 1932, 1052—1058
[7] Hanson D. i Wheeler M. A. The Deformation of Metals under Prolonged Loading. Part. I, The Flow and Fracture of Aluminium. Journal Institute of Metals, Vol. 45, 1931
[8] Orowan E. The Creep of Metals. Journal of West Scotland Iron and Steel Institute, Vol. 54, 1946—1947

Rewolucyjne znaczenie planu 6-letniego polega nie tylko na jego wskaźnikach ilościowych, dzięki którym wartość produkcji przemysłowej na głowę jednego mieszkańca wzrośnie 5-krotnie w porównaniu z okresem przedwojennym, ale polega ono również na gruntownej rekonstrukcji jakościowej przemysłu.

Plan 6-letni stawia zadanie dalszej gruntownej rekonstrukcji przemysłu zgodnie z potrzebami i wymaganiami gospodarki narodowej, a więc w kierunku rozwoju zaniedbanego przed wojną przemysłu ciężkiego, rozszerzenia hutnictwa, różnorodnych gałęzi przemysłu maszynowego, energetyki, wielkiego przemysłu chemicznego, stoczni okrętowych, przemysłu traktorowego i automobilowego itp. oraz w kierunku unowocześnienia technicznego wielu dotychczasowych zakładów przemysłowych.

Wykonanie planu 6-letniego winno zabezpieczyć zaopatrzenie rolnictwa w najnowsze maszyny rolnicze, środki transportowe i nawozy sztuczne, winno sprzyjać procesom dobrowolnego przechodzenia mało- i średniorolnych gospodarstw chłopskich na drogę wielkiej zmechanizowanej i nowoczesnej gospodarki zespołowej. Realizacja planu 6-letniego ma za zadanie przyśpieszyć socjalistyczną przebudowę całej gospodarki narodowej.

Uprzemysłowienie kraju, rozbudowa ciężkiego przemysłu jako podstawy rozwoju przemysłu maszynowego, stworzenie wielkiego przemysłu chemicznego jako podstawy szerokiego zastosowania zdobyczy nauki agrobiologicznej w rolnictwie, racjonalne rozmieszczenie zakładów przemysłowych w całym kraju i zlikwidowanie terenów gospodarczo zaniedbanych — to problemy równie ważne dla chłopa, jak dla robotnika, ważne dla każdego, kto pragnie lepszej przyszłości, kto kocha swój kraj i naród.

Miliony ludzi pracy w Polsce uświadamiają sobie coraz wyraźniej, że swą gorącą i ofiarną pracą nad rozwojem naszej gospodarki i kultury narodowej według wytycznych planu — wnoszą swój wkład twórczy w narastającą i ogarniającą cały świat walkę o trwały pokój, o wyzwolenie wszystkich narodów z kajdan ucisku imperialistycznego.

B. Bierut

PROF. DR INŻ. J. SKOWROŃSKI
GIEl, (Wrocław)

O przyczynach przebić izolatorów liniowych wiszących*)

Treść. Artykuł podaje wyniki badania przyczyn uszkodzenia izolatorów liniowych wiszących typu jednokołpakowego różnego pochodzenia. Jako najczęstszą przyczynę wewnętrzną stwierdzono wady zamocowania trzonka, wywołujące powstawanie skupionych obciążeń i przekroczenie wytrzymałości mechanicznej porcelany. Tak zwane przebicie niezupełne ma źródło właśnie w tego rodzaju uszkodzeniach o charakterze czysto mechanicznym.

Причины пробоя подвесных линейных изоляторов. Приводятся результаты исследования причин повреждения линейных подвесных изоляторов одноколпачного типа различного происхождения. Установлено, что наиболее частой внутренней причиной является неправильное укрепление штыря, которое вызывает появление сосредоточенных нагрузок, превышающих механическое сопротивление фарфора. Причиной так называемого неполного пробоя являются именно этрго рода повреждения чисто механического характера.

The causes of puncture in suspension-type line insulators. The article deals with the results of investigation of the causes of damage to single cap suspension type insulators of various makes. It was determined that the most common internal cause is the faulty fitting of the pin which causes the formation of concentrated stresses and the mechanical resistance of porcelain being exceeded. So-called incomplete puncture is definitely due to this kind of defect of a purely mechanical nature.

1. Wstęp.

Stosowane obecnie powszechnie w liniach wysokich i bardzo wysokich napięć izolatory wiszące typu kołpakowego nastręczają niejednokrotnie dużo kłopotów w ruchu. Przepisy odbiorcze są mniej więcej jednakowe we wszystkich krajach, normalizacja międzynarodowa metod badania, jak to wykazała dyskusja na sesji Komitetu Izolatorów CEI w Stresie w 1949 r., nie nastręcza trudności. Zdawało by się więc, że próby wybiorcze w fabryce i ewentualne przy odbiorze powinny eliminować wyrób całkowicie wadliwy, bądź sztuki wadliwe i w ten sposób zabezpieczyć pewność ruchu. Okazuje się jednak niejednokrotnie, że partia, która próby wytrzymała, po pewnym czasie wykazuje usterki w postaci przebić izolatorów.

Zjawisko to, znane od dawna i wielokrotnie dyskutowane na konferencjach, bywa powodowane wielorakimi przyczynami. Można je podzielić na kilka grup: wady materiału izolatora (porcelany), wady materiału spoiwa, błędy montażowe, błędy konstrukcyjne.

2. Wady wypalania, formowania i składu masy.

Uszkodzenia powodowane niską jakością porcelany są stosunkowo rzadkie. Przyczyną tego jest możność wykrycia usterek izolatora przez próbę pospołową, którą się wykonywa dwukrotnie: przed zmontowaniem i po zmontowaniu okuć na wszystkich sztukach produkowanych. Źródłem najpospolitszym może być złe wypalenie — niedopalenie, skutkiem czego materiał nie ma pełnej spoistości, a jest mniej lub więcej porowaty i nasiąkalny. Oporność skrośna i wytrzymałość na przebicie takiego materiału są znacznie niższe niż dobrze wypalonego i dlatego selekcja nie przedstawia trudności. Przy próbie pospołowej napięcie probiercze w przypadku izolatorów liniowych wynosi 40 do 50 kV na centymetr grubości główki, co wystarcza do wykrycia grubszych usterek wypału i formowania.

Szkodliwe może być raczej wypalenie za silne, dające masę o przełomie szklistym, o niższej wytrzymałości mechanicznej, zwłaszcza na uderzenie i nacisk punktowy. Usunięcie takich sztuk — jeżeli zachodzi ten przypadek — w zasadzie też jest możliwe, ponieważ przy za silnym wypaleniu mogą łatwo występować odkształcenia kloszy i zmiana barwy ciemnej polewy. Trudności równomiernego wypalenia powstają raczej w izolatorach dwukołpakowych (z pełnym pieńkiem) i w długich przepustach lub osłonach, a nie w izolatorach kołpakowych o niewielkiej grubości porcelany.

Wady formowania — w postaci dziur, skrętów, dużych porów w masie, spowodowanych obecnością baniek powietrza w masie plastycznej w czasie formowania, są obecnie prawie niespotykane, gdy przed dwudziestu laty nie należały do rzadkości. Przyczyniła się do tego ulepszona technologia wyrobu — prasy do odpowietrzania i umiejętne urabianie płoszek (brył, z których formuje się izolator). Poza tym i tu próba pospołowa eliminuje przeważającą większość usterek.

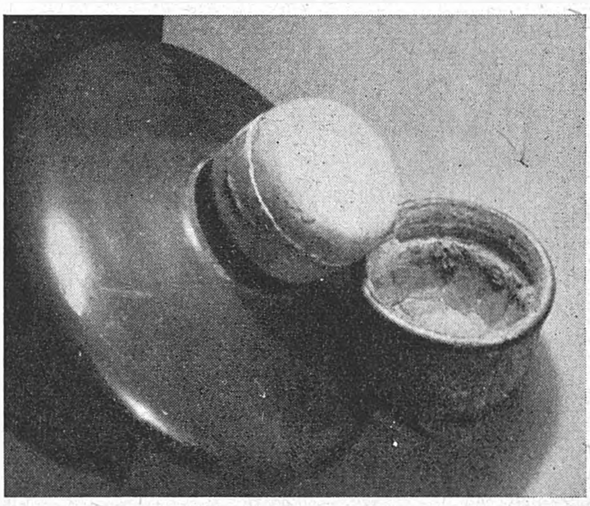
Pozostaje jeszcze do ulepszenia jakość samej masy, będącej na przedwojennym przeciętnym poziomie. W tym kierunku można spodziewać się postępu, zwłaszcza w zakresie wymagań specjalnych. Natomiast jakość masy na izolatory liniowe obecnie produkowanej przez przemysł krajowy może w zupełności sprostać wymaganiom norm. Usterki, które zdarzały się w pierwszych latach powojennych w izolatorach wiszących, miały źródła inne, nie związane z jakością porcelany i występujące nie tylko w naszym przemyśle. Przeważająca większość uszkodzeń natury wewnętrznej izolatorów wiszących powodowana bywa w praktyce nie wadami porcelany, lecz trzema pozostałymi z wymienionych przyczyn: złym montażem okuć, złym spoiwem, błędną konstrukcją.

3. Błędy montażu.

Zajmiemy się na kilku przykładach z praktyki typowymi błędami, które mogą zdarzać się w izolatorach wiszących rozmaitych konstrukcji w związku z zagadnieniem mocowania okuć.

Mocowanie kołpaka nie nastręcza trudności. Również przy zmianach temperatury nie występują pomiędzy metalem kołpaka i izolatorem niebezpieczne natężenia. Potrzebna wytrzymałość mechaniczna z łatwością daje się uzyskać. Zerwanie kołpaka z główki przed zniszczeniem reszty izolatora może się zdarzyć chyba tylko przy bardzo nieumiejętnym montażu (rys. 1).

Natomiast mocowanie trzonka nastręcza duże trudności i jest zawsze najsłabszym miejscem w izolatorze. Wnęka,



Rys. 1. Zerwanie kołpaka z izolatora (typ K-3) przy naciągu 7,6 t skutkiem wadliwego sposobu kitowania

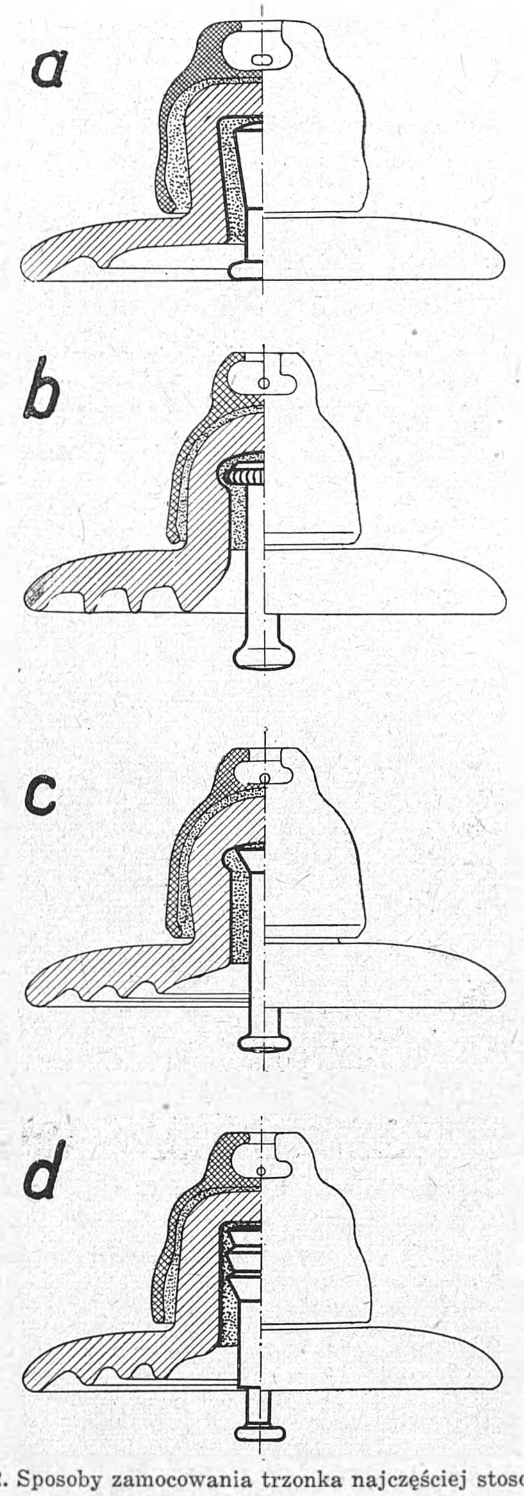
w której tkwi trzonek, ma zmniejszoną wytrzymałość elektromechaniczną. Logicznym wnioskiem był wynalazek izolatora dwukołpakowego (pierwszy typ „Motor"). Niestety, koszt wyrobu i trudności fabrykacyjne powodują, że fabryki izolatorów nie byłyby w stanie przejść całkowicie na produkcję tego typu. Powszechnie więc stosuje się do linii wysokich i najwyższych napięć izolatory jednokołpakowe, a dwukołpakowe jedynie wyjątkowo.

Izolatory jednokołpakowe różnego pochodzenia pod względem knstrukcyjnym różnią się przede wszystkim — i prawie wyłącznie — systemem zamocowania trzonka. Odmian jest dużo i nie zamierzamy ich wyliczać. Rys. 2 podaje najczęściej stosowane w naszym przemyśle izolatorowym, a będące „spadkiem" po licencjach obcych. Zajmiemy się niżej zasadniczo dwoma spośród stosowanych u nas izolatorów jednokołpakowych (rys. 2a i 2b).

Siły rozciągające izolator przy normalnej pracy powodują powstawanie naprężeń wewnątrz jego części składowych i pomiędzy nimi. Naprężenia te mają na ogół układ skom-

*) Zgłoszono jako referat na Konferencję Materiałoznawstwa Elektrycznego.

plikowany i trudny do obliczenia. W przypadku zupełnej symetrii i foremności układu, jak na rys. 3, naprężenia dają się obliczyć. Można założyć, że trzonek ze spoiwem (cementem) stanowią sztywną całość, którą siła naciągu (N) usiłuje wyrwać z wnęki izolatora. Opór stawiany przez porcelanę jest skierowany w kierunku prostopadłym do powierzchni wnęki, ponieważ jest ona przedzielona od ce-



Rys. 2. Sposoby zamocowania trzonka najczęściej stosowane

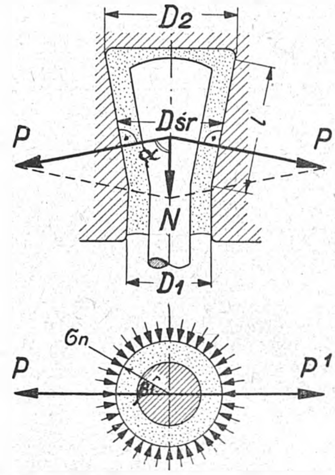
mentu warstwą asfaltu, a powierzchnia porcelany jest polewana. Skutkiem tego spoina cement-porcelana przenosić naprężeń stycznych nie może. Wielkość parcia rozkłada się według równoległoboku sił, oznaczonych wypadkowymi P i P^1.

$$P = P^1 = \frac{N}{2\cos\alpha} = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \int_0^l \sigma_n \; r \cos\beta \; dl \; d\beta \qquad (1)$$

Naprężenie ściskające otrzymamy zakładając, że jest ono stałe w całym obszarze, zarówno na obwodzie, jak wzdłuż tworzącej stożka:

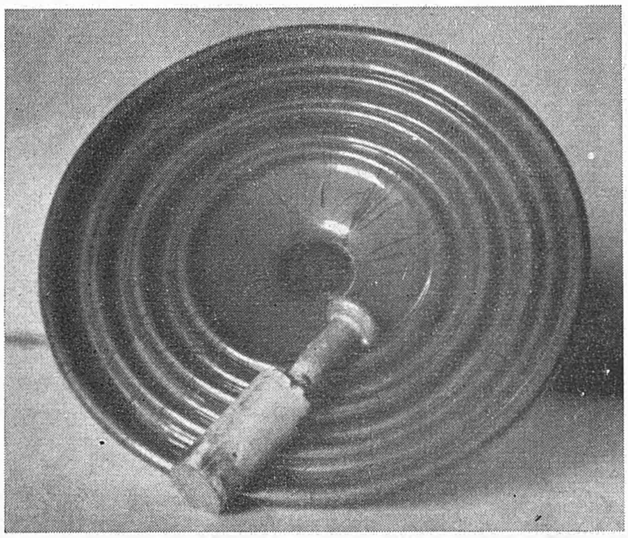
$$\sigma_n = \frac{N}{2\cos\alpha \; D_{śr} \cdot h} \qquad (2)$$

Na wielkość naprężenia, jak widzimy, ma duży wpływ zbieżność stożka wnęki; stosowane obecnie są niewielkie (kąt wierzchołkowy około 10°), stąd przy niewielkich uster-



Rys. 3. Rozkład naprężeń we wnęce izolatora

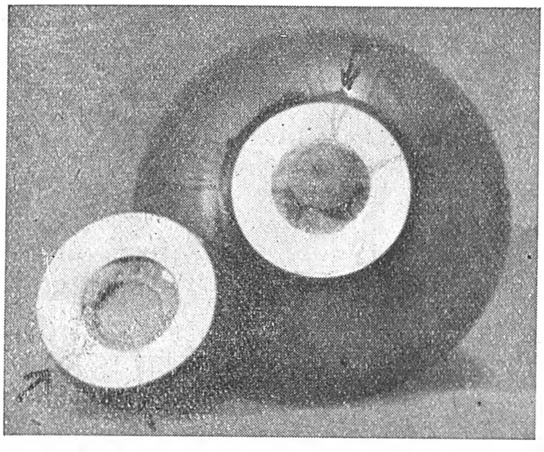
kach (zmniejsza zbieżność) cos α maleje, naprężenie łatwo przekracza wielkość, którą może znieść spoiwo i następuje bądź zupełne wyciągnięcie „korka" z wnęki (rys. 4), bądź częściowe zmiażdżenie cementu i oparcie się o porcelanę przesuniętego trzonka z uzbrojeniem, jeżeli ono istnieje.



Rys. 4. Wyrwanie całego zamocowania z wnęki skutkiem za małej zbieżności

Znaczne komplikacje zachodzą przy asymetrii i nieforemności układu. Przy przesunięciu trzonka w bok od położenia osiowego siły rozkładają się wewnątrz zamocowania niesymetrycznie, na niekorzyść cieńszej strony. Wobec niejednakowej ściśliwości i wytrzymałości porcelany i cementu siła parcia przenosi się przez cement na porcelanę nierównomiernie, a mianowicie w najcieńszym miejscu cementu występuje największy nacisk skupiony na porcelanę. Z łatwością w ten sposób naprężenie na niewielkiej przestrzeni osiąga wielką wartość i skutkiem znikomej ściśliwości twardo palonej porcelany następuje lokalne pęknięcie, które ujawnia się tylko przy próbie elektromechanicznej (rys. 5). Większość obserwowanych przebić potwierdza tę hipotezę, albowiem miejsca pierwszego uszkodzenia mechanicznego, które następnie rozwija się w przebicie i pęknięcie całej główki w sposób bardzo charakterystyczny, prawie zawsze występują w pobliżu najcieńszego

miejsca spoiwa. Z reguły występuje przebicie elektromechaniczne w miejscu, w którym stal trzonka lub uzbrojenia (sprężynki itp.) dotyka bezpośrednio porcelany. Mogłoby się wydawać, że przebicie następujące w najsłabszym miejscu spoiwa (tj. miejscu najmniejszej odległości między trzonkiem a porcelaną) jest spowodowane działaniem izo-



Rys. 5. Przebicie przy próbie elektromechanicznej (naciąg 2,3 t) skutkiem ekscentrycznego zamocowania trzonka
Izolator trakcyjny; kołpak usunięty

lacyjnym cementu. Prosty rachunek wykaże, że nawet przy nieprzewodzących cementach wobec porcelany trzonek z całym spoiwem zachowuje się jak przewodząca całość ze względu na znaczną różnicę oporności właściwych.

Ten rodzaj naprężenia i przebicia nie jest związany z jakością porcelany lub przypadkowym wadliwym wyrobem masy (np. niedopaleniem główki). Dowodzi tego fakt, że w tych przypadkach przebicie i pękanie izolatora następuje nie w najsłabszym miejscu, lecz nieraz w najgrubszym i pozornie mniej naprężanym (na normalne rozciąganie lub ściskanie). Próbki z pobliża miejsca przebicia badane na nasiąkalność nie wykazywały w tych wypadkach różnicy z pozostałymi, zdrowymi częściami. Pomijając nawet przypadki usterek wykonania, kształt omawiany (rys. 2a) wymaga od materiału — zwłaszcza od cementu — niezwykle dobrych własności mechanicznych. Dla przykładu podajemy przeliczenie dla badanego izolatora trakcyjnego. Zakładając przeciętne zdjęte z natury wymiary (oznaczenia według rys. 3):

$$D_1 = 3{,}3 \text{ cm}, \; D_2 = 4{,}5 \text{ cm}, \; h = 6{,}0 \text{ cm}, \; \cos \alpha = 0{,}099$$

i ustawiając je do wzoru (2), otrzymamy

$$\sigma_c = \frac{N}{2 \cdot 0{,}099 \cdot 3{,}9 \cdot 6{,}0} = 0{,}216 \, N \text{ kg/cm}^2.$$

Zakładając wymagany dla tego typu naciąg gwarantowany 2 500 kg, otrzymamy

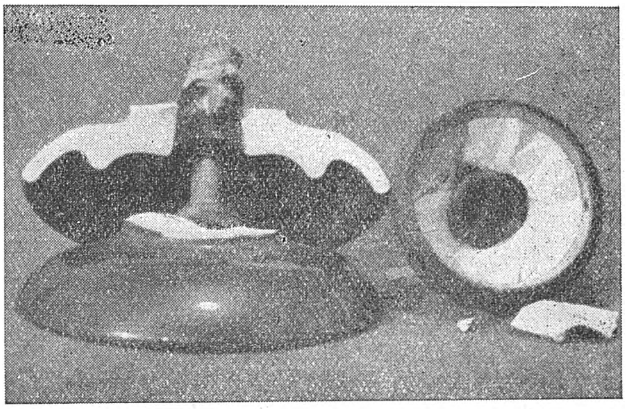
$$\sigma_c = 0{,}216 \cdot 2500 = 540 \text{ kg/cm}^2,$$

co jest dla porcelany wartością (przy jednostajnie rozłożonym napięciu) dopuszczalną, ale dla cementu wygórowaną ($K_c < 400$ kg/cm²). Przy gorszej jakości cementu lub wspomnianych wyżej nierównomiernościach rozkładu obciążenia spoiwo ulega zgniotowi, trzonek naciska punktowo na porcelanę. Powoduje to uszkodzenie powierzchni, prowadzące do „elektromechanicznego" przebicia izolatora nawet wykonanego z najlepszej masy (rys. 5). Ten sposób mocowania trzonków należy wobec tego uznać za nie nadający się do większych naciągów.

Umocowanie typu według rys. 2 b, przejęte od przemysłu niemieckiego, też może nasuwać zastrzeżenia, zwłaszcza przy uchybieniach montażowych. Ze względów oszczędnościowych nie stosuje się obecnie zalewania wnęki stopem Pb—Sb, stosuje się tylko cement. W tym kształcie wnęki i trzonka właściwie pracuje tylko górna część główki; część dolna walcowa, mająca pracować na ścinanie, w razie zburzenia wytrzymałości spoiwa w części górnej nie odgrywa większej roli. Pierwsze pęknięcie i przebicie najpierw występuje w części górnej. Jeżeli próba odbywa się bez napięcia, to wytrzymałość pozornie jest większa, tj. naciąg zrywający izolatorów tego typu jest duży (wyższy niż krytyczny) i wtedy rzeczywiście występuje zniszczenie porcelany pod działaniem naprężeń tnących, najniebezpieczniejszych dla tworzywa. Widoczne to jest na rys. 6.

Przy elektromechanicznej próbie znacznie wcześniej następuje przebicie. Przebicie jest tylko właściwie ujawnieniem powstania pierwszego włoskowatego pęknięcia. Przy uważnej obserwacji można czasem podczas próby mechanicznej uchwycić słuchem ten moment w postaci cichego metalicznego trzaśnięcia.

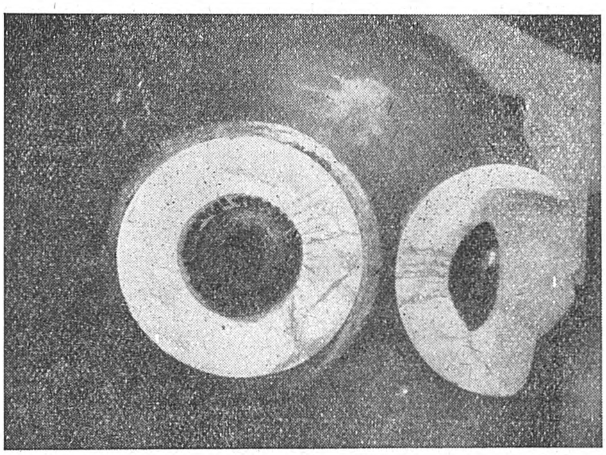
Najczęstszą wadą występującą przy montażu było (dawniej zwłaszcza) niecentryczne umieszczenie trzonka lub za



Rys. 6. Zerwanie bez napięcia przy 7 t
Izolator trakcyjny, typ jak na rys. 2-b, wielkość K-2

mała odległość pomiędzy cisnącą powierzchnią metalu (głównie spiralą) a porcelaną. Usterki poważniejsze (dotknięcie metalu do porcelany) prowadziły do poważnego obniżenia wytrzymałości elektromechanicznej (rys. 7).

Wytrzymałość porcelany na ściskanie ma dużą wartość: dla dobrej porcelany wysokonapięciowej przekracza 4 000



Rys. 7. Przebicie elektromechaniczne przy 4 t w miejscu nacisku uzbrojenia na porcelanę skutkiem ekscentryczności osadzenia trzonka
Typ jak na rys. 2-b, wielkość K-5

i może osiągać 5 000 kg/cm². Jednakże mała ściśliwość, duża twardość (7—8 w skali Mohsa) powodują wielką wrażliwość na wszelką niejednostajność obciążenia. Uderzenia, skaleczenia powierzchni, karby, rysy, pęknięcia włoskowate zniżają znacznie wytrzymałość mechaniczną.

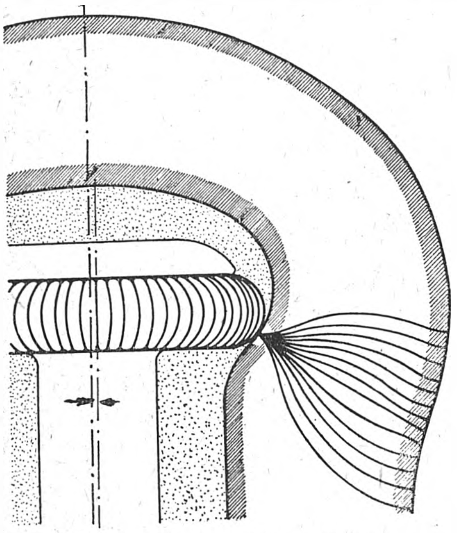
Do tego rodzaju obciążeń należy nacisk „punktowy", który występuje zawsze, jeżeli metal twardy (stal, żeliwo) styka się bezpośrednio z porcelaną. Ze względu na twardość obu materiałów mamy wtedy do czynienia z zetknięciem na bardzo małej powierzchni.

4. Nacisk skupiony.

Zagadnienie nacisku „punktowego", praktycznie na bardzo małej powierzchni — np. kula o małym promieniu z płaszczyzną — jest w mechanice jednym z trudniejszych („zagadnienie Hertza" [1], [2]). Rozwiązania teoretyczne

prowadzą do wzorów zbyt skomplikowanych dla celów praktycznych, zwłaszcza w naszym przypadku. Przy materiałach bardzo twardych, jak właśnie porcelana, naprężenia w miejscu zetknięcia wobec niepoddawania się materiału osiągają bardzo duże wartości, a w dalszym otoczeniu od miejsca zetknięcia maleją bardzo szybko — z kwadratem odległości (rys. 8).

W miejscu zetknięcia może wystąpić przekroczenie wytrzymałości, pęknięcie (nie odkształcenie plastyczne, jak

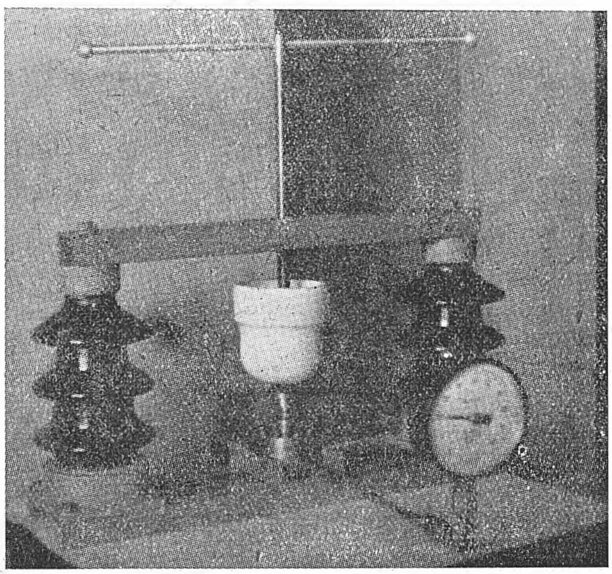


Rys. 8. Obciążenie punktowe

w metalu), które może się dalej przenosić zależnie od właściwości materiału.

Jak wykazaliśmy na innym miejscu [3], odporność porcelany na nacisk punktowy zależy w znacznej mierze od stopnia jej zeszklenia, a więc od zawartości topników w masie, temperatury wypalenia itd. Masy silniej spieczone, o przełomie szklistym, są znacznie wrażliwsze na nacisk punktowy, dając pęknięcia włoskowate, które nawet przy zmianach temperatury przenoszą się w głąb materiału [3].

Ponieważ obliczanie wytrzymałości na nacisk punktowy w warunkach pracy izolatorów jest trudne do praktycznego przeprowadzenia, wykonano pomiary laboratoryjne na masach porcelanowych przy użyciu zbudowanego w tym celu przyrządu (rys. 9).



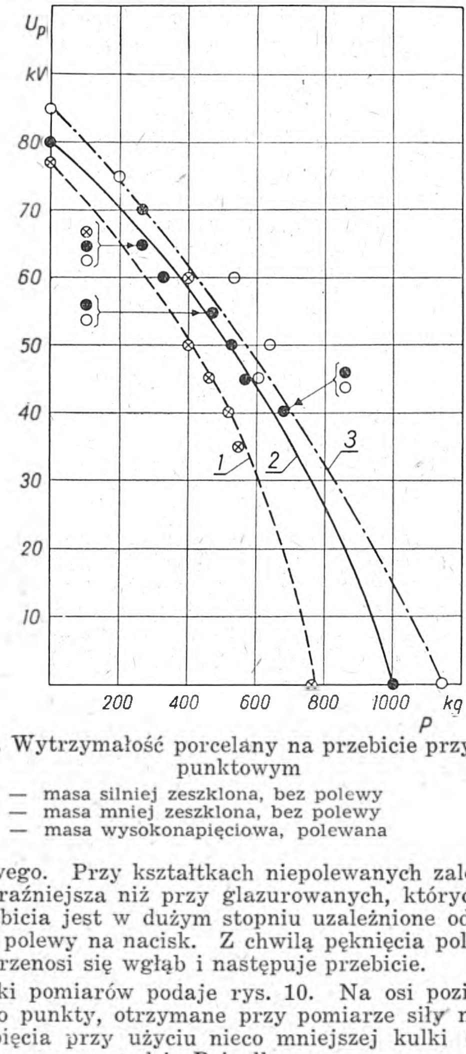
Rys. 9. Urządzenie do badania wytrzymałości na przebicie przy nacisku punktowym

Celem pomiarów było ustalenie, czy i jaka istnieje zależność wytrzymałości na przebicie od nacisku punktowego, a więc obciążenia, które występuje przy próbie elektromechanicznej.

Pomiary wykonano na kształtkach przeznaczonych do badania własności dielektrycznych porcelany. Nacisk wywierano kulką stalową o średnicy 13 mm na kształtkę, ustawioną na płaskiej elastycznej podstawie tak, aby uniknąć naprężeń zginających. Pomiar nacisku do 700 kg odbywał się przy pomocy manometru i puszki mierniczej. Napięcie doprowadzano w układzie niesymetrycznym do kulki naciskającej, podstawę uziemiono. Grubość porcelany w miejscu naprężanym ok. 10 mm. Napięcie przeskoku bez nacisku 70—80 kV przy 50 Hz.

Próby właściwe wykonano na trzech masach porcelanowych Fabryki „Z" w następujący sposób. Próbkę ustawiono w przyrządzie i bez nacisku podnoszono napięcie aż do wartości bliskich przeskoku. Następnie wywierano na kształtkę nacisk — 65, 200, 270, 335, 400, 470, 540, 605, 670 kg; przy każdym z nacisków doprowadzano do danej kształtki jedno dla niej obrane napięcie na przeciąg 1 minuty. Gdy kształtka próbę wytrzymała, podwyższano nacisk i ponownie doprowadzano napięcie aż do takiego nacisku, przy którym nastąpiło przebicie.

Doprowadzając kolejno do różnych próbek z tej samej masy różne napięcia i mierząc nacisk, przy którym następowało przebicie, uzyskano zależność przebicia od nacisku



Rys. 10. Wytrzymałość porcelany na przebicie przy nacisku punktowym

1 — masa silniej zeszklona, bez polewy
2 — masa mniej zeszklona, bez polewy
3 — masa wysokonapięciowa, polewana

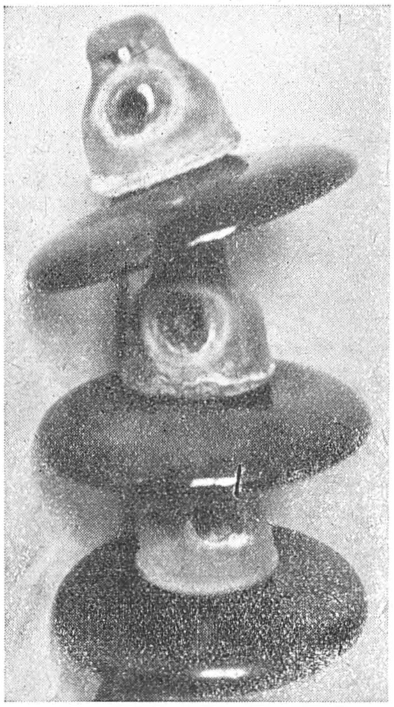
punktowego. Przy kształtkach niepolewanych zależność ta jest wyraźniejsza niż przy glazurowanych, których napięcie przebicia jest w dużym stopniu uzależnione od wytrzymałości polewy na nacisk. Z chwilą pęknięcia polewy pęknięcie przenosi się wgłąb i następuje przebicie.

Wyniki pomiarów podaje rys. 10. Na osi poziomej zaznaczono punkty, otrzymane przy pomiarze siły niszczącej bez napięcia przy użyciu nieco mniejszej kulki (średnicy 10 mm), na przyrządzie Brinella.

Przy próbach następowało częste pękanie kształtek, zwłaszcza jeżeli w części poddanej naciskowi mogły wystąpić naprężenia gnące (próbka krzywa lub zła podkładka). Przy prawidłowym nacisku porcelana pęka w charakterystyczny sposób, tworząc stożek o rozwartości kąta u wierzchołka pod kulką bliskiej ok. 120°. Jest to kierunek, w którym występują naprężenia tnące największe, na które materiał jest mniej wytrzymały niż na ściskanie i rozciąganie. Obecność polewy może zniekształcić przebieg zjawiska. Na osi pionowej zaznaczono wyniki przebicia w oleju, bez obciążenia.

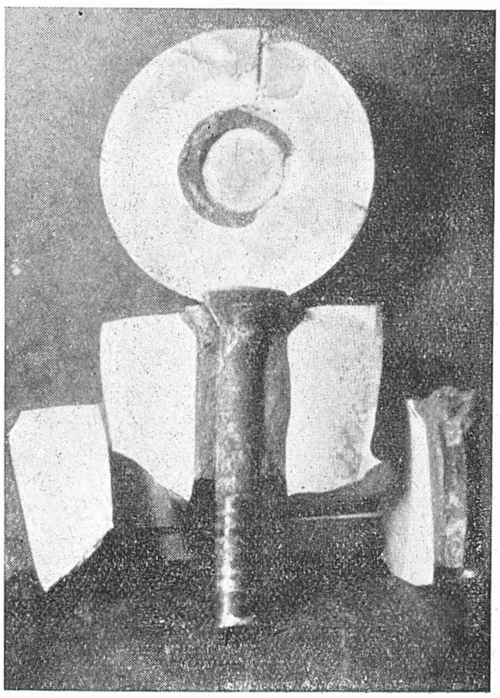
Wyniki tych badań wykazują wyraźny związek pomiędzy obciążeniem mechanicznym, jakością masy i wytrzymałością

na przebicie. Ściślej mówiąc, wykres wykazuje wzrost śladu pęknięcia rosnącego pod naciskiem, co się ujawnia obniżeniem napięcia przebicia. Naciski skupione, punktowe, jak widać, są dla tego bardzo szkodliwe. Przy obli-



Rys. 11. Izolatory K-3 przebite na linii 35-kilowoltowej z wytopieniem kołpaka w miejscu przebicia (przyczyna wyjaśniona w tekście)

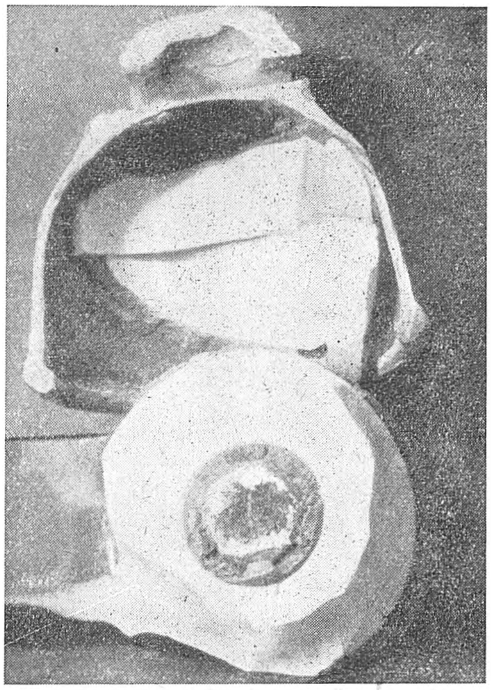
czaniu nie można opierać się na dużej wytrzymałości porcelany na ściskanie, nie uwzględniając czynników komplikujących zjawisko. Należy też zwracać uwagę, aby nie mógł zajść przypadek zetknięcia uzbrojenia z porcelaną.



Rys. 12. Izolator z partii jak na rys. 11, przebity po próbie cieplnej

Przyczyna: odsadzenie główki przez trzonek, dotykający wnęki bez podkładki elastycznej

Co do roli polewy nie można — ze względu na niedostateczną liczbę pomiarów — wypowiedzieć zdecydowanego sądu. Jednakże wydaje się, że jej wpływ przy naprężeniu punktowym jest ujemny — wytrzymałość polewy na ten rodzaj obciążenia jest mniejsza jako ciała szklistego, a pęknięcie dobrze spojona polewa przenosi wskroś masy. Z tego

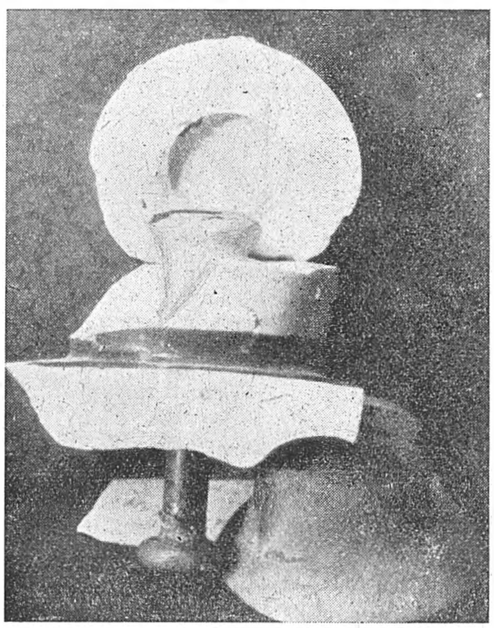


Rys. 13. Przypadek podobny jak na rys. 12: po rozpiłowaniu uwidocznione miejsce pęknięcia główki

wynikałoby zalecenie, aby wnęki izolatora nie polewać. Jak wiadomo, przy innych typach obciążeń (rozciąganiu, zginaniu), polewa wpływa korzystnie na wytrzymałość.

5. Brak dylatacji.

Jako szczególny przykład skutków bezpośredniego zetknięcia porcelany z trzonkiem może służyć przypadek uszkodzeń, które zdarzyły się na pewnej linii o napięciu

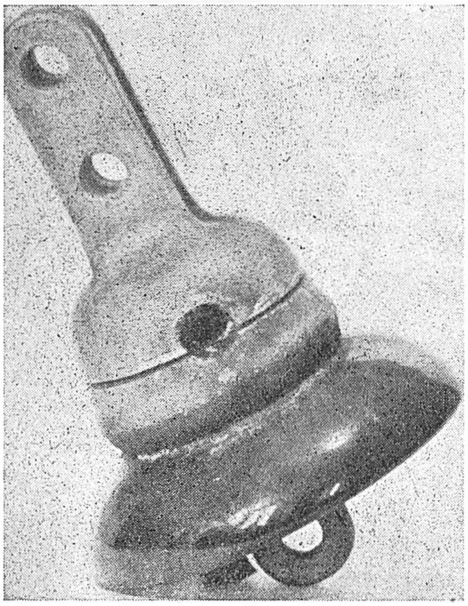


Rys. 14. Wykonanie poprawne tej samej produkcji co na rys. 11, 12 i 13 (po zdjęciu kołpaka i rozbiciu główki)

35 kV. Po zmontowaniu na niej partii izolatorów po jakimś czasie zaczęły zdarzać się przebicia izolatorów bardzo charakterystyczne (rys. 11), występujące zawsze w tym samym miejscu na główce. Badania porcelany nie

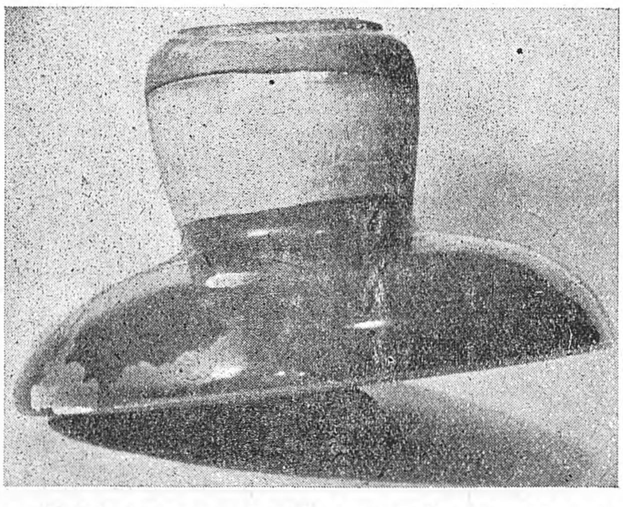
wykazały usterek, próby elektryczne na przebicie i mechaniczne — również. Jednakże po próbie cieplnej izolatorów zdarzały się przebicia. Przyczynę tego wyjaśnieją rys. 12 i 13: trzonki były zakitowane bez podkładek elastycznych i dotykały bezpośrednio dna wnęki. Skutkiem tego ruchy cieplne trzonka przy zmianach temperatury powodowały naprężenia rozciągające porcelanę i rozsadzały główkę (współczynnik rozszerzalności stali wynosi 12.10^{-6} a porcelany 3.10^{-6}). Pierwsze pęknięcie i przebicie elektromechaniczne następowało identycznie w tym samym miejscu, co w izolatorach przebitych na linii (rys. 11 i 13). Natomiast izolatory tego samego producenta, które próby wytrzymały, po rozpiłowaniu wykazały budowę poprawną: trzonek centryczny i izolowany mechanicznie od ścianek wnęki (rys. 14).

Inny przypadek tego samego typu przedstawia rys. 15. Na pewnym odcinku sieci trakcyjnej występowały przebicia izolatorów, przy czym przebicie następowało najczęściej



Rys. 15 a. Izolator trakcyjny przebity na linii (kołpak rozpiłowany)

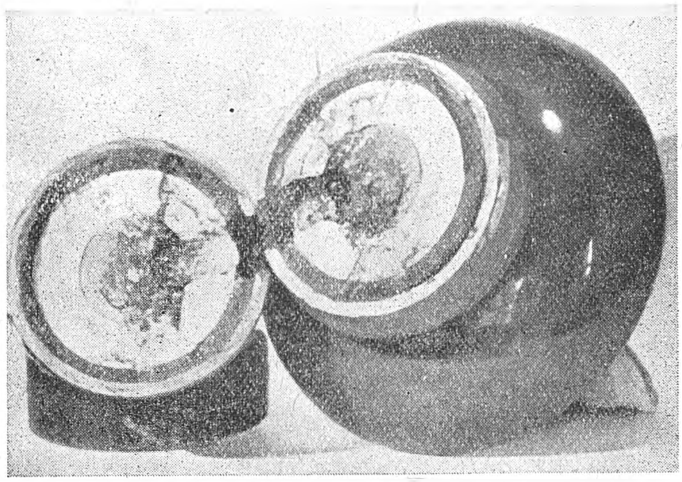
na izolatorze pracującym na ściskanie. Obliczenie i pomiary wykazały, że siły występujące w tym przypadku nie mogą być groźne dla izolatora. Badanie izolatorów zdjętych z linii, zniszczonych oraz nieuszkodzonych wykazało, że uszkodzenie miało źródło w natężeniu materiału główki,



Rys. 16 a. Izolator z partii jak na rys. 15; po próbie cieplnej zdjęty kołpak (widoczne pęknięcie)

spowodowanym brakiem podkładki elastycznej między spoiwem i porcelaną. Różnica współczynników rozszerzalności pomiędzy materiałami trzonka i izolatora przy braku warstwy dylatacyjnej spowodowała powstawanie w porcelanie naprężeń rozciągających, odsadzających główkę. Uszkodzenie następuje przy nagłych zmianach temperatury, kiedy np. na nagrzany słońcem izolator spadnie obfity deszcz i główka o większej powierzchni szybciej ochłodzi się niż wnętrze lub — jeszcze łatwiej — kiedy na izolatorze powstanie łuk zwarcia z ziemią, skutkiem czego silnie nagrzeją się lepiej przewodzące części metalowe, a więc trzonek. Pęknięcie nastąpi wtedy jako zjawisko charakteru mechanicznego, nie będące wcale przebiciem elektrycznym izolatora.

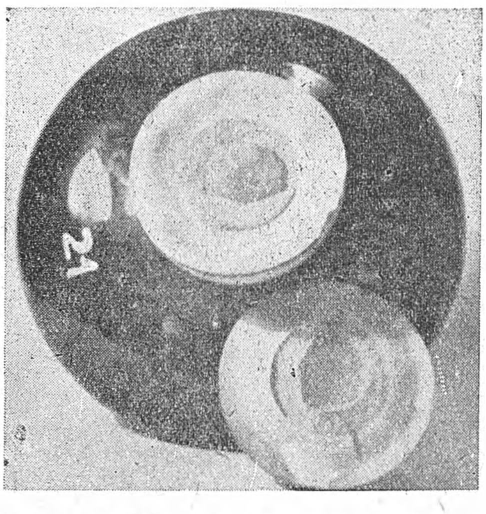
Hipotezę tę w zupełności potwierdziły badania laboratoryjne i badanie izolatorów uszkodzonych podczas pracy. Poddano kilka sztuk izolatorów nieuszkodzonych tego samego typu co uszkodzone obostrzonej próbie cieplnej: 3 razy do wody o temperaturze 100°C i tyleż razy na przemian do wody o temperaturze 15°C. Po próbie zmierzono oporność izolatorów i stwierdzono, że w niektórych oporność spadła z rzędu 10^{11} do rzędu 10^{3} omów. Po rozebraniu izolatorów okazało się, że uszkodzeniu uległy tylko te, które nie posiadały dylatacyjnej podkładki, a charakter i miejsce pęknięcia było identyczne jak w uszkodzonych na linii (por. rys. 15 i 16). Izolator, który wytrzymał próbę, posiadał zamocowanie trzonka prawidłowe.



Rys. 15 b. Po rozpiłowaniu kołpaka uwidocznione pęknięcie i droga przebicia

Brak podkładki między trzonkiem i wnęką; spoiwo: cement portlandzki z grysikiem porcelanowym

Przyczyna uszkodzenia izolatorów pracujących na ściskanie w opisanym wyżej przypadku tłumaczyła się su-

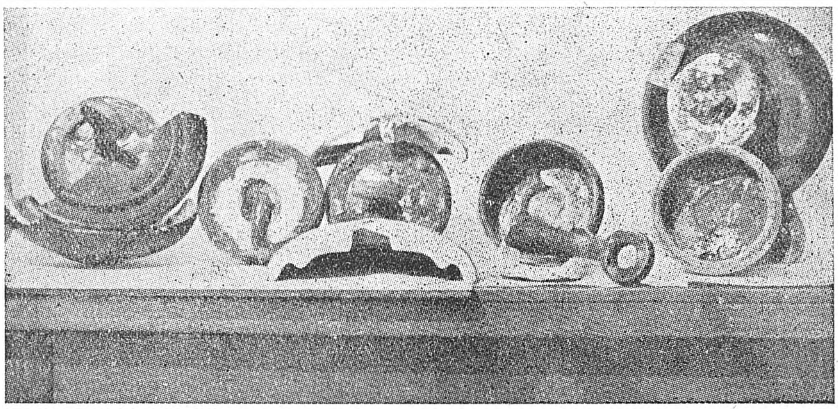


Rys. 16 b. Trzonek bez podkładki; spoiwo jak na rys. 15-b

mowaniem obciążeń: zewnętrznego mechanicznego i wewnętrznego, spowodowanego rozszerzalnością. W izolatorze rozciąganym siły te działały przeciwnie. Próba kombinowana — mechaniczna i cieplna potwierdzała prawdopodobieństwo tego tłumaczenia.

6. Zniszczenie przez łuk.

Nie należy mieszać tego zjawiska uszkodzeń termo-mechanicznych z niszczącym działaniem łuku niegasnącego, który niszczy izolator bezbłędnie wykonany przez czyste działanie cieplne — stopienie klosza i okuć itd. (rys. 17). Od tego działania izolatory liniowe muszą być zabezpieczone w sieciach o dużym prądzie zwarcia z ziemią przy pomocy armatur ochronnych. Izolatory umocowane poziomo nie są przy tym mniej narażone od pionowych — wbrew pozorom — ze względu na to, że łuk przy pionowym umieszczeniu krąży wokół izolatora dzięki wirom termicznym, a przy poziomym uporczywie trzyma się strony górnej i ogrzewa jedną stronę powodując pękanie klosza.

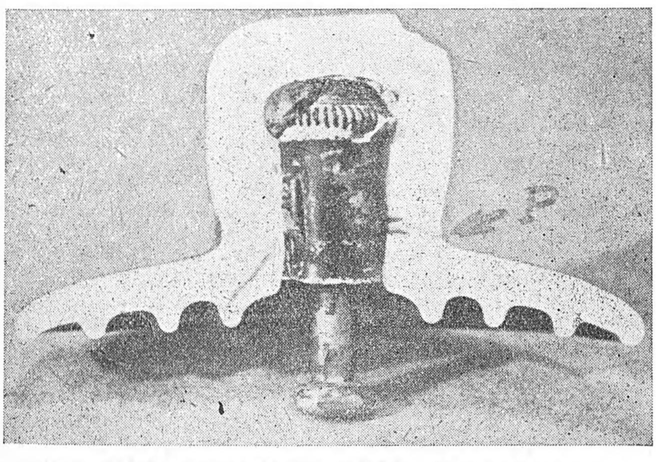


Rys. 17. Izolatory zniszczone na linii przez łuk dużej mocy
Dwa po prawej stronie przy przebiciu główki, pozostałe skutkiem łuku przeskokowego bez przebicia

Opisany wyżej przypadek przeskoku na izolatorze, jako źródła uszkodzeń izolatorów raczej na drodze cieplnej niż elektrycznej, wydaje się mieć dużo większe znaczenie, niż się przypuszcza i przeważająca większość uszkodzeń izolatorów liniowych ma raczej to źródło niż czyste „przebicie elektryczne".

7. Pęcznienie cementu.

Rys. 18 przedstawia uszkodzenie zupełnie innego rodzaju niż poprzednie; jest to typowy przypadek niszczącego działania pęcznienia cementu. Izolator pochodzenia zagranicznego zdjęty został z linii 150 kilowoltowej po 13 latach i przysłany do zbadania z partią innych w łańcuchu. Uszkodzenie zostało stwierdzone w laboratorium przy próbie napięciowej pospołowej, w której izolator wykazał przebicie przy podnoszeniu napięcia. Celem zbadania usunięto kołpak i główkę zanurzono na dwie doby do roztworu fuksyny. Wtedy dopiero ujawniła się rysa na główce. Przebieg jej i zasięg całkowicie uwidoczniły się skutkiem zabarwienia fuksyną po ostrożnym rozłupaniu izolatora. Widoczne to jest na zdjęciu, gdzie zabarwiona (ciemna) jest powierzchnia pęknięcia, a biały przełom dokonany po nasyceniu barwnikiem.



Rys. 18. Izolator zdjęty z linii po 13 latach pracy
Rozsadzenie główki skutkiem pęcznienia cementu (granice pęknięcia zaznaczone strzałkami)

Kształt, zasięg i kierunek pęknięcia świadczy w sposób niewątpliwy, że pęknięcie spowodowane zostało przez siły rozsadzające, od wnętrza, a więc przez trzonek i spoiwo. Do zakitowania trzonka zastosowany był cement portlandzki bez wypełniacza. Wkładka elastyczna w dnie wnęki była, natomiast między cementem a wnęką nie można stwierdzić żadnej warstwy elastycznej. Wnęka w tym sposobie mocowania pokryta jest grysikiem porcelanowym klejonym na polewę. Powierzchnia zewnętrzna cementu narażona na zetknięcie z atmosferą nie miała żadnej ochrony. Ślady na porcelanie świadczyły, że kiedyś ta powierzchnia była pokryta lakierem ochronnym, który z biegiem czasu zupełnie znikł i cement mógł swobodnie wchłaniać wilgoć. W cementach może zachodzić w pewnych warunkach dalszy proces wiązania, któremu towarzyszy wzrost objętości i twardości, co w przypadku niekorzystnym może prowadzić do naprężeń rozsadzających główkę. Zjawisko to znane jest od dawna i istnieje szereg pomysłów i patentów mających na celu uniknięcie skutków tego zjawiska, łącznie z usunięciem w ogóle stosowania cementu do mocowania trzonka.

W opisywanym przypadku zaszedł fakt takiego właśnie wzrostu objętości spoiwa skutkiem wchłaniania i wiązania wilgoci przez cement w ciągu kilkunastu lat pracy, aż wreszcie nastąpiło przekroczenie granicy wytrzymałości. Pęknięcie to nie mogło być spowodowane zjawiskami innymi, które czasem mogą być źródłem uszkodzeń, jak np. naprężenia termiczne przy długotrwałym łuku na izolatorze, przebicie przy udarowym napięciu lub istnienie naprężeń wewnętrznych w porcelanie. Pierwsze źródło wykluczone jest wobec braku śladów łuku na okuciu i kloszu, drugie — bo ślad przebicia świadczy o przebiciu małą mocą (w laboratorium), wreszcie trzecie — naprężenia wewnętrzne, którym często przypisuje się uszkodzenia — dają inny charakter pęknięć, a przede wszystkim musiałyby się ujawnić wcześniej, najpóźniej w ciągu kilku pierwszych lat pracy izolatora.

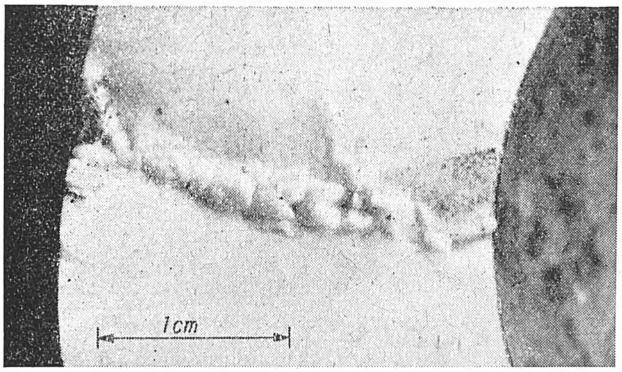
8. „Przebicie niezupełne".

Tego rodzaju uszkodzenia izolatorów liniowych w postaci włoskowatego pęknięcia główki pod wpływem natężenia lokalnego, przekraczającego wytrzymałość materiału, występują bardzo często. Nazywają je często — niesłusznie — p r z e b i c i e m n i e z u p e ł n y m. Nie mają one źródła w naprężeniu elektrycznym lub tylko w nieznacznym stopniu są z nim związane. Napięcie dokonywa tylko ostatecznego zniszczenia, jeżeli mamy do czynienia z jednym ogniwem. W przypadku łańcucha izolatorów prąd pojemnościowy nie ma dostatecznej mocy, aby przebić przerwę utworzoną przez pęknięcie. Pęknięcie przejawia się tylko w obniżeniu oporności izolatora, np. z 10^5 MΩ na 10^2 MΩ, i jednoczesnym wzroście stratności.

Rozkład potencjałów na łańcuchu skutkiem tego zmienia się, izolator uszkodzony zachowuje się prawie jak zwarcie, choć ściśle biorąc nie mamy do czynienia ze zwarciem metalicznym, tylko z bardzo skróconą drogą upływu —

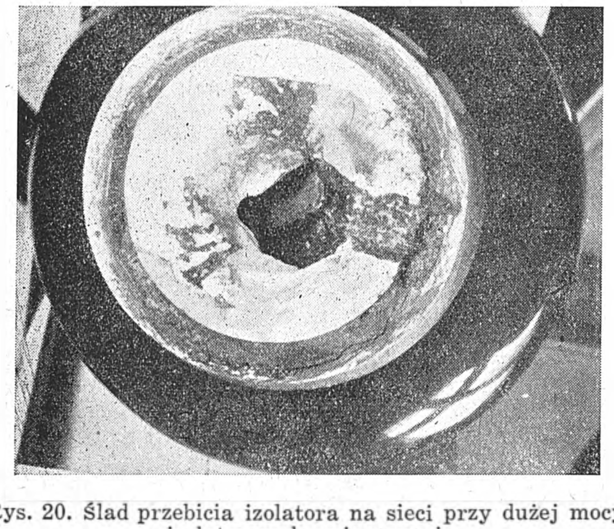
zredukowaną do grubości izolacji główki, a więc do ok. 2 cm. Długość taka zdolna jest wytrzymać tylko niezbyt wysokie napięcie, mniejsze niż przerwa iskrowa w powietrzu, gdyż — skutkiem sześciokrotnie niższej stałej dielektrycznej powietrza niż porcelany — w szczelince powstają tyleż razy większe niż w porcelanie składowe normalne natężenia pola i jonizacja występuje przy niezbyt wysokim napięciu.

W zasadzie, jeżeli izolator nie wciąga wilgoci, pęknięcie może wytrzymać nawet napięcie robocze, np. przy 110 kV i sześciu ogniwach napięcie przeciętne na jednym ogniwie wynosi $110/\sqrt{3}\cdot 6 = 10{,}5$ kV. Prądy pojemnościowy i upływowy są zbyt małe (rzędu miliampera), aby mogły spowodować zwarcie. Może ono nastąpić tylko w przypadku, jeżeli przez szczelinkę przepłynie większy prąd, właściwy



Rys. 19. Ślad przebicia porcelany izolatora przy niewielkiej mocy źródła (prąd zwarcia przy przebiciu rzędu 100 mA)
Wytrzymałość powrotna ok. 15 kV, oporność ok. 1 megoma

prąd przebicia, np. przy przeskoku na pozostałych ogniwach łańcucha. Jeżeli prąd jest niezbyt duży (rzędu kilkudziesięciu do kilkuset miliamperów), to przez miejsce pęknięcia następuje wyładowanie, żłobiące kanał przewodzący w stopionej przez łuk porcelanie. Po zgaśnięciu łuku może nastąpić nawet przywrócenie względnej izolacyjności



Rys. 20. Ślad przebicia izolatora na sieci przy dużej mocy; izolator wykazuje zwarcie
Zdjęcie po rozpiłowaniu kołpaka

kanału, jeżeli nie zostały przez łuk wciągnięte do wnętrza jony metalu. Tego rodzaju przebicia są typowe przy normalnie stosowanych mocach urządzeń probierczych.

Rys. 19 i 20 przedstawiają przebicia izolatorów przy różnych mocach; pierwszy — w laboratorium, przy niewielkiej mocy zwarcia obwodu, drugi — na sieci. Przy niedużym prądzie płynącym przez miejsce przebicia powstaje kanał ze stopionej masy porcelanowej, przewodzący dobrze przy wysokiej temperaturze, ale po zakrzepnięciu stający się z powrotem izolatorem. Wytrzymałość powrotna jego jest, oczywiście, niższa niż otaczającej porcelany ze względu na przerwy i zanieczyszczenia śladami metalu, wynosi jednak kilka do kilkunastu kilowoltów. W przypadku przebicia przez szczelinę pęknięcia mechanicznego wytrzymałość kanału przebicia jest wyższa od otoczenia i mogą powstawać ponowne kanały przebicia w sąsiedztwie jak na rys. 7. Powstanie jednoczesne kilku kanałów jest niemożliwe.

Natomiast przy dużej mocy źródła, jak zwykle w sieciach energetycznych, zwłaszcza bez kompensacji prądu ziemnozwarciowego, przebicie pękniętego izolatora prowadzi do zwarcia metalicznego przez wytopienie okuć i metalizację kanału przebicia.

Dla bliższego zbadania zjawiska tego rodzaju uszkodzeń „niezupełnego przebicia" wykonano pomiary na kilkunastu nowych izolatorach wiszących różnego pochodzenia i porównano z izolatorami zdjętymi z linii, wykazującymi spadek oporności.

Tablica I podaje zmianę własności izolatora w chwili pierwszego pęknięcia nie dostrzegalnego na zewnątrz.

Tablica I. Zmiana własności uszkodzonych izolatorów

Izolator (nr)	1 (Tr)	2 (Tr)	3 (Tr)	4 (K-5)
1. Napięcie przeskoku na sucho (śr.) (kV)	59	62	62	84
2. Oporność przed próbą mechaniczną (Ω)	$2{,}6\cdot 10^{12}$	$2{,}8\cdot 10^{11}$	$2{,}7\cdot 10^{11}$	$2{,}1\cdot 10^{11}$
3. Obciążenie krytyczne (t)	3,5	6,0	5,0	12,5
4. Oporność po zdjęciu obciążenia [3] (Ω)	$1{,}2\cdot 10^{8}$	$9\cdot 10^{9}$ (1) $1\cdot 10^{4}$ (2) $1{,}2\cdot 10^{5}$ (3)	$1\cdot 10^{8}$	$7\cdot 10^{7}$
5. Napięcie przebicia po zdjęciu obciążenia [3] (kV)	19	11	22	26
6. Oporność po przebiciu [5] (Ω)	$1{,}25\cdot 10^{8}$	10^{6}	$7\cdot 10^{6}$	$6\cdot 10^{6}$
7. Ponowny pomiar napięcia przebicia (kV)	19	10	15	12

(1) Pomiar bezpośrednio po pęknięciu
(2) Po 1½ godz. deszczu i 18 godz. w komorze wilgotnej
(3) Po 18 godz. w pracowni (20°C i ok. 70% wilg. względnej)

Próba mechaniczna była wykonywana bez doprowadzenia napięcia; krytyczny naciąg ujawnił sę cichym trzaśnięciem i spadkiem oporności. Następnie mierzono „napięcie przebicia" takiego izolatora (prądem 60 do 130 mA), potem znowu pomiar oporności i ponownie przebicie. W tablicy zestawiono kilka typowych wyników. Widać z nich wyraźnie, że „przebicie niezupełne" polega na przekroczeniu wytrzymałości mechanicznej.

Spadek oporności skrośnej przy pierwszym pęknięciu jest niejednakowy — wynosi od dwóch do czterech znaków, zależy bowiem od rozmiarów pęknięcia i w jeszcze większym stopniu od możliwości przeniknięcia wilgoci do włoskowatej szczeliny. Przechowywanie izolatora w komorze wilgotnej i przy deszczu sztucznym po kilku dniach powoduje spadek oporności do rzędu tysiąca omów. Po wysuszeniu w atmosferze pokojowej oporność może wzrosnąć z powrotem o kilka znaków.

Napięcie przebicia takiego pękniętego izolatora zależy od typu izolatora i typu zamocowania, ponieważ od tego są zależne postać i rozmiary pierwszego pęknięcia. Przeciętnie wynosi ono ponad 15 kV wart. skutecznej, w nielicznych przypadkach obniża się do 10 kV. Jest przy tym rzeczą charakterystyczną, że wartość napięcia przebicia mało się zmienia przy powtarzających się pomiarach, jeżeli prąd przebicia nie jest duży (rzędu 100 mA).

Napięcia przeskoku zmierzone na izolatorach z rozpiłowaną główką dają zbliżone wartości przeskoku po porcelanie w poprzek przekroju, od trzonka do kołpaka, a mianowicie: dla K—3 ok. 16 kV, dla K—5 ok. 19 kV, a więc nieco więcej niż przebicie szczeliny, w myśl wyżej podanego uzasadnienia.

Pomiar rozkładu potencjałów na łańcuchu z takim izolatorem defektowym wykazuje zakłócenie w porównaniu

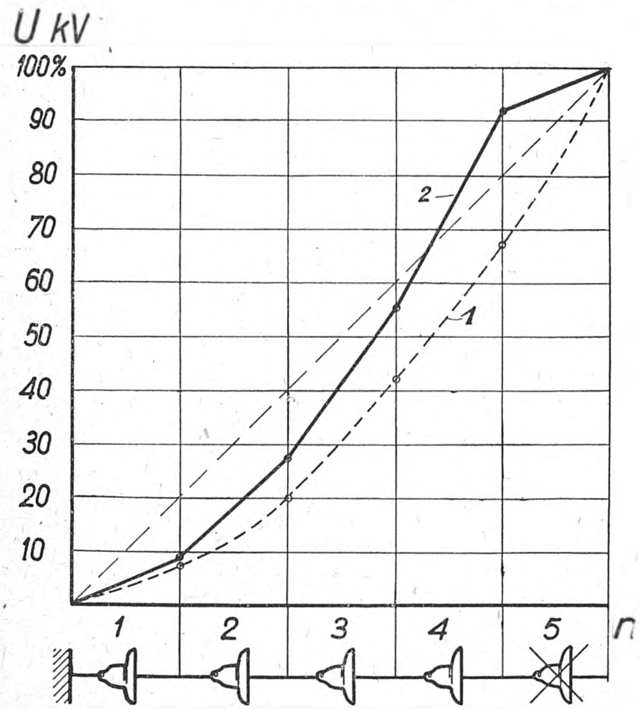
z rozkładem normalnym. Ponieważ zwarcie nie jest zupełne, wykrycie tą drogą może być zawodne (rys. 21).

Można teraz odtworzyć, jak wygląda w ruchu powyższe uszkodzenie. Jeżeli mamy do czynienia z jednym izolatorem (jak w sieci trakcyjnej), po pęknięciu izolator przez jakiś czas jeszcze pracuje, gdyż napięcie robocze nie jest w stanie przebić szczeliny. Dopiero po dłuższym czasie, gdy szczelina wchłania dużo wilgoci, w razie powstania w sieci przepięcia może nastąpić przebicie szczeliny i zwarcie przewodu z ziemią, prowadzące do stopienia wnętrza główki i zupełnego trwałego zwarcia (rys. 20).

W łańcuchu izolatorów pęknięty izolator nie jest zwarty, stanowi tylko element o mniejszej oporności przy tym zmiennej zależnie od stanu wilgoci. Prąd pojemnościowy i napięcie, przypadające na jedno ogniwo, są zbyt małe, aby przebić przerwę i spowodować zwarcie, są jednak wystarczające, aby powodować wyładowania niezupełne i — niewątpliwie — związane z tym przeszkody radiofoniczne. Ujawnić się może takie pęknięcie dopiero przy przepięciu i przeskoku na izolatorze, bądź też wtedy, gdy kilka ogniw w łańcuchu ulegnie takiemu uszkodzeniu. Stąd wynika, że tego rodzaju uszkodzenia ujawniają się przy zakłóceniach, np. podczas burzy, i są niesłusznie przypisywane „przebiciu przez piorun". Należy podkreślić, że zjawisko nazywane „przebiciem niezupełnym" — czasem przypisywane rzekomemu „starzeniu się" porcelany — ma wyłącznie mechaniczne podłoże i związane jest z uchybieniami w zamocowaniu trzonka we wnęce izolatora.

9. Poprawna konstrukcja warunkiem trwałości.

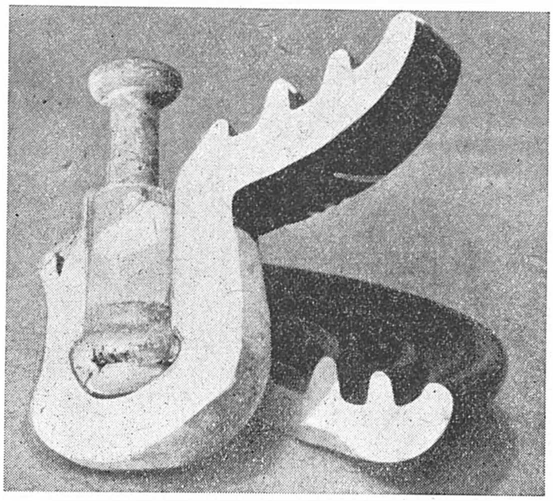
„Przebicia niezupełne" są kłopotliwe i trudne do wykrywania. Walka z nimi — poza wykrywaniem sztuk pękniętych nim nastąpi zwarcie — powinna się odbywać przez opracowanie konstrukcji zamocowania trzonka we wnęce, przy której można by uniknąć powstawania naprężeń nieprzewidzianych. Cement używany na spoiwo i porcelana



Rys. 21. Rozkład napięcia zmierzony na łańcuchu izolatorów
1 — dla łańcucha nieuszkodzonego
2 — dla łańcucha z jednym ogniwem pękniętym

są materiałami nieplastycznymi; w nich odkształcenie trwałe jest równoznaczne ze zniszczeniem wytrzymałości. Twardość, wytrzymałość, współczynnik rozszerzalności i współczynnik sprężystości tych materiałów są różne. Dlatego zaprojektowanie dobrego, trwałego i pewnego połączenia nastręcza konstruktorom tyle trudności. Przejście na połączenia bezkitowe lub z użyciem innych materiałów (np. stopów ołowiu), dawniej — zwłaszcza w Niemczech — propagowane, wykazuje też ujemne strony, tak że obecnie powszechnie stosuje się raczej cementy i kity niż konstrukcje bezkitowe (rys. 22).

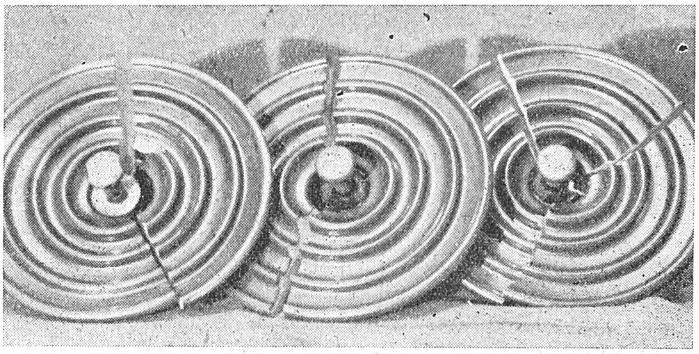
W zamocowaniu tego typu — z kitem cementowym — główną trudność stanowi utworzenie połączenia ścisłego, lecz elastycznego między cementem a porcelaną. Brak



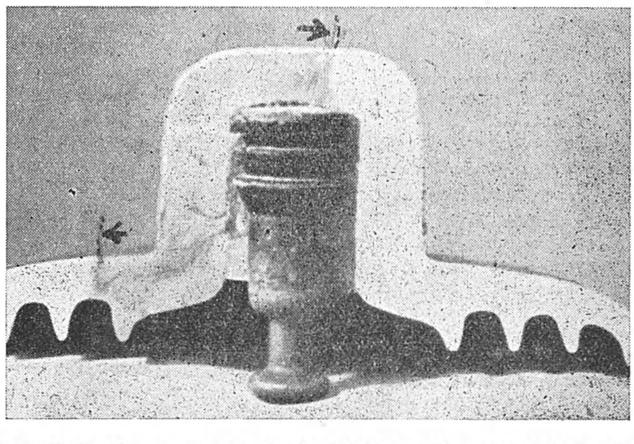
Rys. 22. Zamocowanie przy pomocy ołowiu
Spoiwo źle wypełnia wnękę (produkcja przedwojenna niemiecka)

możności rozszerzania się wewnętrznej konstrukcji zamocowania powoduje, jak widzieliśmy, rozsadzenie izolatora.

Jednak przesada w przeciwnym kierunku może prowadzić również do ujemnego wyniku, jeżeli przesunięcie pod obciążeniem powoduje powstawanie nieprzewidzianych



Rys. 23 a. Zniszczenie izolatorów skutkiem naprężeń rozciągających w dolnej części wnęki



Rys. 23 b. Przyczyną uszkodzeń był wadliwy kształt wnęki i niskie własności mechaniczne cementu

obciążeń materiału — zwłaszcza szczególnie niebezpiecznych naprężeń tnących i rozciągających.

Przykład błędnego rozwiązania przedstawiają rys. 23 a i 23 b, a mianowicie: umieszczenie klinowatych zagłębień w dolnej walcowej części wnęki i zastosowanie cementu

o niskiej wytrzymałości powoduje przy obciążeniu nieznaczne przesunięcie trzonka ze spoiwem i powstawanie w dolnej części wnęki wielkich sił rozsadzających izolator. Przesunięcie jest ułatwione dzięki pokryciu wnęki polewą i powleczeniu jej zalewą kablową, działającą jak smar. Pomiary wykazały, że pęknięcie powstaje od dolnej części wnęki, a więc w jej grubej części, przenosząc się dalej na całość izolatora. Zmiana kształtu na bardziej celowy poprawiła znacznie wytrzymałość.

Od przypadków uszkodzeń, spowodowanych błędami fabrykacyjnymi, należy odróżnić zniszczenia izolatorów skutkiem czynników zewnętrznych. Do takich należy łuk zwarcia z ziemią, który często niszczy klosze, a nawet może spowodować stopienie porcelany i zwarcie okuć. Czasem takie zjawiska niesłusznie są uważane za przebicie izolatora (rys. 17).

10. Starzenie się.

Sprawie starzenia się izolatorów należy poświęcić nieco uwagi, ponieważ w tej sprawie spotyka się wśród elektryków zupełnie błędne poglądy na rzekome występowanie starzenia się samej porcelany.

Znane od dawna pod nazwą „starzenia się" zjawisko polega na pękaniu źle dobranej polewy o współczynniku rozszerzalności odmiennym od współczynnika samej masy, co z biegiem czasu może prowadzić do powstawania rys na powierzchni [4]. Zjawisko to w przeciętnie prowadzonej fabryce jest nietrudne do opanowania i rzeczywiście w praktyce nie spotykamy się z nim obecnie.

Innym czynnikiem, wymienianym jako przyczyna „starzenia się" izolatorów, jest powiększanie objętości cementu z biegiem czasu, opisane w skutkach na przykładzie rys. 18. Źródło tego zjawiska leży w tym, że niektóre cementy mają skłonność do wiązania wody jeszcze przez czas dłuższy po stwardnieniu — w przeciągu paru lat, przy czym objętość nieznacznie wzrasta, wzrasta też jeszcze wytrzymałość i twardość. Zjawisko nieznacznego wzrostu objętości — bez znaczenia w budownictwie — w technice izolatorów przed laty dwudziestu jeszcze prowadziło do częstych uszkodzeń. Dzisiaj przy odpowiedniej budowie zamocowania przypadki takie są rzadkie.

Jeszcze jedno wspomniane wyżej źródło uszkodzeń — pękanie z powodu naprężeń wewnętrznych powstałych przy zbyt szybkim studzeniu lub skutkiem wadliwego kształtu — nie ma charakteru starzenia się. Jest zresztą zjawiskiem rzadko występującym w normalnej produkcji.

Porcelana sama nie zna, jak każdy zresztą materiał ceramiczny, procesu starzenia. Jest wiecznotrwała.

11. Wnioski.

1. Najczęstsze przyczyny uszkodzeń izolatorów liniowych wiszących są spowodowane powstawaniem naprężeń pomiędzy trzonkiem i spoiwem a porcelaną wnęki izolatora. Naprężenia te mają źródło bądź w niewłaściwym doborze materiału spoiwa (pęczniejący cement), bądź w szkodliwym montażu (brak dylatacji, krzywe zamocowanie), bądź w wadliwej konstrukcji wnęki i trzonka. Natomiast nie występuje tu żadne „starzenie się" samej porcelany. Również nie odgrywa tu roli naprężenie elektryczne, a własności samej porcelany — mechaniczne i elektryczne — mają ważne, lecz nie decydujące znaczenie.

2. Stosowane obecnie sposoby mocowania trzonków nie są doskonałe. Jednak przy starannym doborze surowców i dokładnym montowaniu można uzyskać wyniki zadowalające.

3. Pożądane jest opracowanie jednego typu konstrukcji zamocowania trzonków w izolatorach wiszących dla wszystkich fabryk krajowych.

LITERATURA

[1] H u b e r M. T. Teoria sprężystości
[2] B i e l a j e w M. Soprotiwlenje materjałow. Moskwa, 1950
[3] S k o w r o ń s k i J. I. Influence de la porosité sur quelques qualités de la porcelaine électrotechnique. CIGRÉ, 1931
[4] D r a e g e r K. Über Zerstörungs- und Alterungserscheinungen an Porzellanisolatoren. Berlin, 1926

MGR INŻ. T. STĘPNIEWSKI

Produkcja porcelany do celów elektrotechnicznych

T r e ś ć. Przedstawienie zasadniczych przebiegów produkcyjnych wyrobów porcelanowych dla elektrotechniki: przygotowanie masy, nadawanie kształtu, suszenie, wypał. Obróbka po wypale. Tolerancje wymiarowe. Trudności dokładnego wykonania.

Производство фарфора для электротехнических целей. Представление основных производственных процессов при изготовлении электротехнических фарфоровых изделий: приготовление массы, формовка, сушка, обжиг. Обработка после обжига. Допускаемые отклонения в размерах. Трудность точного изготовления.

The production of electrotechnical porcelain. The main production course for electrotechnical porcelain: preparation of the paste, shaping, drying, firing. Finishing process after firing. Dimensional tolerances. Difficulties experienced in the accurate finish of electrotechnical porcelain.

1. Wstęp.

R o z w ó j c e r a m i k i d o c e l ó w e l e k t r o t e c h n i c z n y c h. Technika ceramiczna znana była już od wielu stuleci przed początkiem naszej ery. Aż do połowy wieku ubiegłego technika ta miała szerokie zastosowanie jedynie w budownictwie, wyrobie artykułów gospodarstwa domowego oraz przedmiotów artystycznych.

Rozwój przesyłania energii elektrycznej z końcem ubiegłego stulecia spowodował ogromny rozwój techniki ceramicznej do celów elektrotechnicznych. Bardzo szybko rozpoznano doskonałe własności izolacyjne porcelany i zaczęto stosować ją do wyrobu izolatorów oraz różnych części izolacyjnych. Rozwój elektrotechniki i rosnące wymagania w zakresie wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej spowodowały, że stosowane początkowo gatunki porcelany, a później steatytu nie były wystarczające i musiały powstawać nowe gatunki dla uzyskania nowych własności. Wymagania co do wielkości różnych wyrobów, kształtów, dokładności wykonania i masowego zapotrzebowania wpłynęły na ogromny rozwój techniki wyrobu. Konieczność sprawdzania własności surowców i wyrobów gotowych wpłynęła na wielki rozwój kontroli produkcji, metod i zakresów badania. W wyniku rozwoju powstała duża i poważna gałąź przemysłu — ceramiki do celów elektrotechnicznych.

Porcelana jest dziś zaledwie jednym z bardzo licznych materiałów ceramicznych, stosowanych w elektrotechnice, zachowała jednak w dalszym ciągu przewagę ilościową i szczególnie dominujące miejsce, jako materiał izolacyjny, w technice przesyłania i rozdziału energii elektrycznej wysokiego napięcia.

Przebieg produkcji porcelany jest typowy i ma zastosowanie z niewielkimi zmianami również i do inych wyrobów ceramicznych, stosowanych w elektrotechnice. Znajomość tego przebiegu jest niezbędna nie tylko ceramikom, ale również konstruktorom aparatów elektrycznych, posiadających części porcelanowe, gdyż ci muszą być obeznani ze sposobami wyrobu, dokładnością wykonania oraz długością czasu produkcji, szczególnie dla nowych kształtów i wielkości.

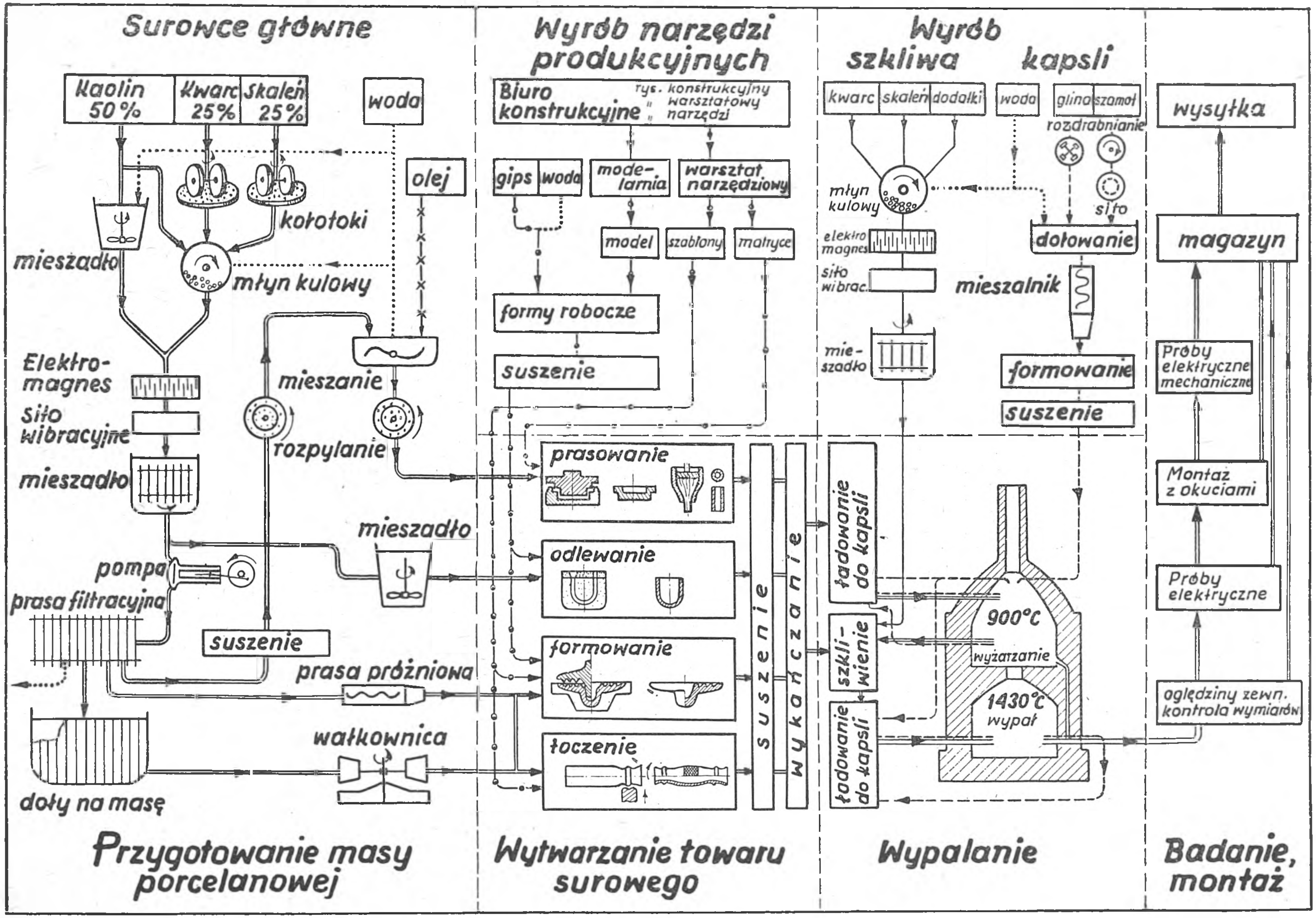
Z a s a d n i c z e p r o c e s y p r o d u k c y j n e. Wyrób produktów porcelanowych obejmuje 5 faz: przygotowanie mas ceramicznych, nadanie kształtu przedmiotom, suszenie, wypał, obróbkę po wypale.

Główne procesy produkcyjne wymagają ponadto dodatkowych działów przygotowawczych: sporządzania narzędzi produkcyjnych (formy, matryce, szablony), wytwarzania szkliwa oraz wyrobu kapsli, podpórek i bomzów, stosowanych przy wypale. Zestawienie głównych przebiegów produkcyjnych podaje tabl. I.

2. Przygotowanie masy porcelanowej.

Do wyrobu masy porcelanowej używane są wyłącznie surowce pochodzenia mineralnego. Zasadniczymi składnikami są: materiały plastyczne (kaolin i gliny plastyczne)

Tablica I



Surowce główne
Kaolin 50%
Kwarc 25%
Skaleń 25%
woda
olej
kołołoki
mieszadło
młyn kulowy
Elektro-magnes
siło wibracyjne
mieszadło
mieszanie
rozpylanie
mieszadło
pompa
prasa filtracyjna
suszenie
prasa próżniowa
wałkownica
doły na masę
Przygotowanie masy porcelanowej
Wyrób narzędzi produkcyjnych
Biuro konstrukcyjne
rys. konstrukcyjny
" warsztatowy
" narzędzi
gips
woda
mode-larnia
warsztat narzędziowy
model
szablony
matryce
formy robocze
suszenie
prasowanie
odlewanie
formowanie
toczenie
suszenie
wykańczanie
Wytwarzanie towaru surowego
Wyrób szkliwa
kapsli
kwarc
skaleń
dodatki
woda
glina
szamot
rozdrabnianie
młyn kulowy
sito
elektro magnes
sito wibrac.
mie-szadło
dołowanie
mieszalnik
formowanie
suszenie
ładowanie do kapsli
szkli-wienie
ładowanie do kapsli
900°C
wyżarzanie
1430°C
wypał
Wypalanie
wysyłka
magazyn
Próby elektryczne mechaniczne
Montaż z okuciami
Próby elektryczne
oględziny zewn. kontrola wymiarów
Badanie, montaż

w ilości około 50%, oraz materiały nieplastyczne — około 25% kwarcu oraz 25% skalenia.

Materiały plastyczne w połączeniu z wodą spełniają swe główne zadanie przy nadawaniu kształtu. Po wypale pozostają w masie, chociaż często w połączeniach zmienionych i wywierają przez to wpływ na własności produktu końcowego, szczególnie na własności cieplne. Kwarc i skaleń wywierają swój wpływ dopiero w czasie wypału i określają główne własności produktu końcowego, a głównie wytrzymałość mechaniczną i elektryczną na przebicie.

Dobór surowców pod względem ilościowego udziału oraz jakościowego pochodzenia składników jest zasadniczy dla otrzymania pożądanych własności wyrobu gotowego, nie jest jednak jedynym czynnikiem, wpływającym na własności, gdyż na jakość wyrobu przy tych samych surowcach wyjściowych mają poza tym decydujący wpływ przemiał, sposób wyrobu oraz wypał. W zależności od zestawienia masy otrzymujemy różne gatunki porcelany.

Kaolin i gliny plastyczne dostarczane są do fabryki zwykle w stanie przeszlamowanym; rozpuszczenie ich w wodzie następuje bez trudności w kadziach z mieszadłami.

Kwarc i skaleń otrzymywane są w postaci kamieni posiadających znaczną twardość. Rozdrobnienie wstępne przeprowadza się na łamaczach kamieni, dalsze rozdrobnienie następuje na kołotokach i w młynach kulowych, w których ziarnista masa kwarcu i skalenia z dodatkiem wody i niewielkich ilości kaolinu ulega bardzo drobnemu zmieleniu przez ścieranie okrągłymi kamieniami flintowymi.

Dokładnie zmielone surowce nieplastyczne miesza się w kadziach z rozpuszczonym kaolinem i otrzymany w ten sposób wodnisty roztwór przepuszcza się przez elektromagnesy dla wyłowienia części żelaznych, które mogły się dostać do surowców wskutek transportu lub z urządzeń przetwórczych. Roztwór przechodzi następnie przez bardzo gęste sita wibracyjne dla zatrzymania wszelkich nieczystości i niedokładnie przemielonych części surowców. Roztwór spływa do zasobnika z mieszadłami, skąd przepompowuje się go przez prasę filtracyjną. Nadmiar wody uchodzi z prasy pod ciśnieniem 6—8 atm., a masa porcelanowa pozostaje na płótnach filtracyjnych w postaci płatów o grubości około 3 cm, posiadających plastyczną konsystencję i zawartość wody około 25%.

Dalsza przeróbka masy uzależniona jest od sposobu nadawania kształtu wyrabianym przedmiotom. Stosowane są różne metody produkcji: toczenie na tokarkach przy użyciu szablonów stalowych, formowanie na wrzecionach szablonami w formach gipsowych, odlewanie w formach gipsowych, prasowanie w stalowych matrycach.

Dla wyrobów toczonych lub formowanych masę, dobrze ubitą, przechowuje się przez kilka tygodni w betonowych dołach, celem uzyskania większej plastyczności i wyrównania własności, a następnie przepuszcza przez wałkownice — maszyny z układem obracających się walców — dla odpowietrzenia i nadania jednorodności. Bardziej nowoczesnym sposobem odpowietrzenia i otrzymania zupełnie jednorodnego stanu jest stosowanie prasy próżniowej, przerabiającej masę wprost z prasy filtracyjnej.

Z wałkownic lub pras masa wychodzi do dalszej przeróbki w postaci dużych plastycznych bloków, prostokątnych lub cylindrycznych.

Dla wyrobów odlewanych używa się masę porcelanową w postaci wodnej zawiesiny o zawartości wody do 40%. Dla otrzymania dużej płynności przy możliwie małej zawartości wody dodaje się środków upłynniających — sody lub szkła wodnego.

Dla wyrobów prasowanych masę z pras filtracyjnych suszy się, rozpyla w młynkach, miesza ze specjalnym olejem do prasowania i wodą, dokładnie miesza i ponownie rozpyla, otrzymując w rezultacie jednorodną, sypką, wilgotną masę.

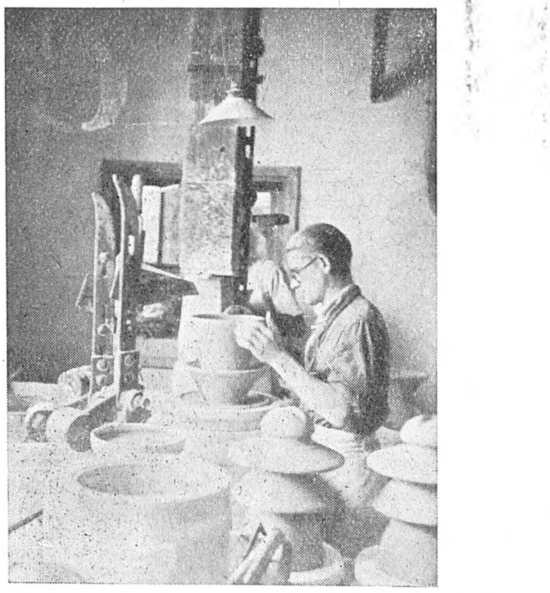
3. Nadawanie kształtu.

Toczenie. Z masy plastycznej, przerobionej na wałkownicy lub prasie próżniowej, wykonuje się ręcznie na obracającym się wrzecionie tzw. płoszkę, tj. obrotową bryłę o wymiarach dostatecznie wielkich, aby wytoczyć z niej pożądany kształt. Często płoszkę otrzymuje się wprost z prasy próżniowej przez zastosowanie odpowiedniego ustnika. Płoszkę poddaje się powolnemu suszeniu aż do otrzymania dość twardego stanu, możliwie równomiernego w całym przekroju, o dostatecznej wytrzymałości mechanicznej dla dalszej obróbki. Toczenie odbywa się na tokarkach, najczęściej o poziomej osi, przy użyciu stalowych szablonów i profilowych noży. Praca toczenia wymaga od wykonawcy znajomości rysunku, dużej zręczności, doświadczenia i sumienności.

Toczenie stosuje się głównie dla izolatorów przepustowych, wsporczych, osłon izolatorowych oraz izolatorów liniowych wiszących długopiennych.

Formowanie. Przedmioty o symetrii obrotowej zarówno pełne, jak i wydrążone, a więc np. izolatory liniowe wysokiego i niskiego napięcia, części osłon, izolatory wsporcze, wykonywane są z plastycznej masy przy użyciu form gipsowych i szablonów (rys. 1).

Płoszkę z masy plastycznej wciska się ręcznie lub maszynowo w formę gipsową, nadającą kształt zewnętrzny przedmiotowi. Forma umocowana jest w głowicy obracającego



Rys. 1. Formowanie izolatorów liniowych stojących

się pionowego wrzeciona formierskiego, napędzanego mechanicznie. Dla dużych wyrobów stosuje się przekładnie cierne, pozwalające na regulację liczby obrotów. Szablon lub kilka szablonów stopniowych o coraz to dokładniejszym profilu, umocowane są do dźwigni, której nadaje się ręcznie posuwowy ruch poosiowy. Szablon nadaje wewnętrzny kształt przedmiotowi. Wykonawca musi posiadać umiejętność — nabywaną długim doświadczeniem — w prowadzeniu szablonu i ręcznym kształtowaniu przy pomocy gąbki powierzchni przedmiotu, wchodzącej pod szablon. Porowata forma gipsowa odciąga część wody z wilgotnej masy wskutek czego przedmiot doznaje niewielkiego skurczu i może być łatwo z formy wyjęty.

Odlewanie stosowane jest dla przedmiotów o skomplikowanych kształtach (niejednokrotnie bardzo złożonych), o wymiarach liniowych od kilku do kilkudziesięciu centymetrów lub też dla przedmiotów drobnych, dla których wykonanie matrycy stalowej jest nieekonomiczne. Odlewanie stosuje się przy użyciu form gipsowych, do których wlewa się masę w postaci płynnej. Na ściankach formy osadza się warstwa masy porcelanowej na skutek utraty wody, przechodzącej do porowatej formy. Po osiągnięciu dostatecznej grubości skorupy wylewa się z formy pozostałą część płynnej masy. W przypadkach bardziej złożonych używa się form ze rdzeniami gipsowymi. Tego rodzaju odlewy są b. trudne w wykonaniu wskutek skłonności do pęknięć. Wyjmowanie odlewu z form możliwe jest dzięki skurczowi wyrobu przy utracie części wody, wchłanianej przez formę.

Prasowanie stosuje się dla wyrobów o bardzo skomplikowanym niejednokrotnie kształcie, o małych lub stosunkowo niedużych wymiarach (do 30 cm × 30 cm). Sypką masę porcelanową sprasowuje się w matrycach stalowych, nadających ostateczną i całkowitą formę wyrobowi. Wykończenie wymaga jedynie usunięcia rąbków w miejscach

styku części matrycy. W technice porcelanowej używany jest prawie wyłącznie sposób prasowania przy użyciu masy wilgotnej. Formę wypełnia się masą w nadmiarze. Pod naciskiem stempla sypka masa przechodzi w stan plastyczny i wypełnia dokładnie wszystkie wolne miejsca w matrycy, nadmiar masy wypływa nazewnątrz. Po podniesieniu stempla gotowy przedmiot wyjmuje się z matrycy przy pomocy wypychaczy.

Przy masach steatytowych i specjalnych stosuje się prasowanie na sucho. Matrycę wypełnia się ściśle odmierzoną ilością suchej masy, rozpylonej na drobne ziarenka średnicy 0,002 do 0,1 mm. Ponieważ masa nie przechodzi w stan plastycznie płynny, warunki prasowania są znacznie trudniejsze.

Prasowanie wykonuje się na prasach ręcznych lub mechanicznych. Obsługa pras jest prosta i nie wymaga wykwalifikowanych sił. Stosowane są często prasy poółautomatyczne, a nawet pełne automaty dla wyrobów masowych. Natomiast poważnym problemem technicznym jest właściwe wykonanie matryc, wymagające doskonałej znajomości procesów, które zachodzą przy prasowaniu bardzo skomplikowanych niejednokrotnie kształtów.

Jako specjalną odmianę prasowania należy odróżnić prasowanie ciągłe (ciągnięcie), stosowane do wyrobu prętów oraz rur o różnych kształtach przekroju. Technika wytwarzania polega na wyciskaniu masy w stanie plastycznym lub wilgotnym z cylindra przez profilowy ustnik.

Wyroby złożone. Garnirowanie. Prócz wyżej podanych sposobów wyrobu stosuje się również kombinacje różnych sposobów, np. wykonanie lano-formowane lub formowano-toczone. Przedmioty małe o prostych kształtach wykonywane są jako jednoczęściowe. Przedmioty o dużych wymiarach wykonywane są z kilku oddzielnych części, wyrabianych jednym sposobem lub różnymi sposobami. Poszczególne części skleja się w stanie wilgotnym („garniruje") przez dotarcie powierzchni sklejanych, posmarowanie ich płynną masą porcelanową o takim samym zestawieniu, jak sklejane części i mocne dociśnięcie. W czasie wypału sklejone części spiekają się, tworząc jednorodną całość o niezmniejszonych własnościach mechanicznych i elektrycznych (rys. 2).

Od garnirowania w stanie wilgotnym należy odróżnić łączenie części szkliwem. Poszczególne części dopasowuje

Rys. 2. Izolatory do wyłączników małoolejowych

się w stanie surowym, a miejsca połączenia pokrywa warstwa szkliwa, które topiące się podczas wypału łączy poszczególne części ze sobą. Sposób ten stosuje się niekiedy również do połączenia części już wypalonych. Stopienie szkliwa następuje przy powtórnym wypale.

Wybór sposobu produkcji uzależniony jest od kształtu, wielkości, liczby sztuk, wymaganej dokładności wykonania. Zasadniczy wpływ wywierają również wymagania elektryczne, mechaniczne oraz koszt produkcji.

Wyroby toczone i formowane odznaczają się zwartą, jednolitą skorupą o dużej wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej i z tego powodu stosowane są dla napięć wysokich i bardzo wysokich. Wyroby odlewane stosowane są głównie dla napięć niskich, a jedynie w wyjątkowych wypadkach dla napięć wysokich.

Wyroby prasowane i ciągnięte mają zastosowanie prawie wyłącznie dla napięć niskich, dla artykułów o wymaganej dużej dokładności wykonania i przy produkcji masowej, gdyż kalkulacja kosztów wykonania musi uwzględniać duże koszta matryc.

Wyrób narzędzi produkcyjnych. Dla przedmiotów wyrabianych sposobem toczenia używa się szablonów i narzędzi różnego kształtu, wykonanych z blachy stalowej; formowanie wymaga ponadto gipsowych form produkcyjnych. Produkcja metodą odlewania posługuje się jako urządzeniami wytwórczymi wyłącznie formami gipsowymi. Wykonanie form wymaga przygotowania modelu, który sporządza się zwykle z gipsu, niekiedy ze specjalnych twardych mas lub metali. Matryce do prasowania oraz ustniki do wyrobów ciągnionych wykonywane są ze stali. Przy doborze materiału matrycy należy uwzględnić odporność na ścieranie cząstkami kwarcu i skalenia.

Opracowanie modeli, szablonów i form musi uwzględniać szereg czynników technologicznych i produkcyjnych, a przede wszystkim skurcz przy suszeniu i wypale, odkształcenia w czasie produkcji i wypału, tolerancje wymiarowe, obróbkę wykańczającą i inne. Wskutek tego produkcja narzędzi produkcyjnych jest sprawą dużego doświadczenia. Bardzo często przed podjęciem masowej produkcji wyrobów o nowym kształcie zachodzi konieczność wykonania jednej lub nawet kilku prób produkcyjnych celem właściwego doboru narzędzi i samego procesu produkcyjnego. Przeprowadzenie prób wymaga co najmniej kilku tygodni, a często miesięcy czasu.

Skurcz wskutek suszenia i wypału. Przygotowanie produkcji, a więc rysunków wykonawczych, form, matryc, szablonów, wymaga, jak już wyżej zaznaczono, uwzględnienia skurczu wymiarowego mas ceramicznych i to zarówno w czasie suszenia jak i wypału.

Skurcz uzależniony jest głównie od składu masy, a przy tym samym składzie mają jeszcze wpływ następujące czynniki: sposób wyrobu, kierunek wymiarowy (pionowy lub poziomy), kształt przedmiotu, temperatura wypału.

Dla wyrobów porcelanowych skurcz ogólny liniowy, tj. zmniejszenie wymiarów od stanu surowego do stanu wypalonego (skurcz suszenia + skurcz wypału) wynosi w stosunku do stanu wypalonego 12 do 23%. Wyroby prasowane wykazują skurcz mniejszy od wykonywanych innymi sposobami. Skurcz przedmiotów pełnych lub o grubych ściankach jest większy niż dla przedmiotów pustych lub cienkościennych. Dotyczy to nie tylko zmiany wymiarów całego przedmiotu, ale i poszczególnych części przedmiotu. Masa o skupieniu luźnym (np. o większej wilgotności) daje skurcz większy niż masa o skupieniu ścisłym. Masy o dużej zawartości części plastycznych dają skurcz większy niż masy chude. Skurcz przedmiotów w kierunku pionowym (uwzględniając położenie przy produkcji i wypale) jest większy niż w kierunku poziomym.

Wykańczanie. Prace nad wykańczaniem wyrobu wykonywa się w stanie surowym, często jednak wykańczanie stosuje się po suszeniu, a nawet po wyżarzeniu (po wypale biskwitowym). Wykańczanie ma za cel usunięcie nadlewek, rąbków, podtaczanie, frezowanie, wiercenie otworów, wygładzanie powierzchni itp. czynności.

4. Suszenie.

Suszenie wyrobów ma za zadanie usunięcie z materiału wody związanej mechanicznie i chemicznie. Wskutek suszenia następuje skurcz wymiarów o kilka procentów, co przy nierównomiernie prowadzonym procesie suszenia powodować może pęknięcia i rysy. Zasadą dobrego suszenia jest uzyskanie równomierności suszenia w całej masie przedmiotu w celu uniknięcia naprężeń wewnętrznych. Suszenie odbywa się w specjalnych komorach o regulowanej wilgotności i temperaturze. Proces suszenia trwa kilka dni, niekiedy przy wyrobach grubych o znacznych wymiarach nawet kilkanaście dni. Materiał ładowany do pieca musi być doskonale wysuszony, gdyż w przeciwnym wypadku następują pęknięcia, a nawet całkowite rozsadzenie sztuk w piecu.

5. Wypał.

Części izolacyjne mają nadawany kształt w temperaturze otoczenia z masy, będącej mieszaniną składników mineralnych. Powstanie „porcelany" następuje dopiero w czasie

wypału w wysokiej temperaturze. Skutkiem zmian, zachodzących podczas wypału, otrzymuje się doskonałe własności porcelany: ścisły, spieczony czerep, nieprzepuszczalny dla cieczy i gazów, doskonałe własności elektryczne, odporność na wpływy chemiczne oraz wytrzymałość mechaniczna.

Wyroby po wysuszeniu poddaje się jedno- lub dwukrotnemu wypałowi. Wyroby cienkościenne (do kilku milimetrów) oraz prasowane na mokro poddaje się pierwszemu wypałowi czyli wyżarzeniu (biskwit) w temperaturze stopniowo podnoszonej do ok. 900° C. Celem wyżarzenia jest wzmocnienie mechaniczne skorupy oraz spalenie substancji olejowych używanych przy prasowaniu. Masa po wyżarzeniu jest porowata i dzięki temu daje się dobrze pokryć szkliwem. Wyroby o grubej skorupie pokrywa się szkliwem bezpośrednio po wysuszeniu i poddaje jedynie jednorazowemu paleniu.

Ogromna większość wyrobów porcelanowych posiada powierzchnię pokrytą gładką, błyszczącą warstwą szkliwa, która powstaje przez stopienie w temperaturze ok. 1 400° C mieszaniny surowców mineralnych o składzie podobnym do składu masy porcelanowej, lecz z dodaniem marmuru, magnezytu i innych składników. Celem szkliwa jest otrzymanie gładkiej powierzchni wyrobu, samooczyszczającej się pod wpływem deszczu i wiatru, odpornej na wpływy chemiczne. Zastosowanie szkliwa umożliwia zabarwienie powierzchni oraz powoduje wzrost wytrzymałości mechanicznej. Pokrywanie szkliwem wykonuje się przez zanurzenie przedmiotów — wyżarzonych lub wysuszonych — w kadziach z wodną zawiesiną szkliwa lub też za pomocą natryskiwania pistoletem.

Szkliwieniu poddaje się wszystkie izolatory, od których wymagane są gładka, czysta powierzchnia i dobre powierzchniowe własności izolacyjne. Wyroby do celów instalacyjnych niskiego napięcia wykonuje się często bez szkliwa lub też ze szkliwem o bardzo cienkiej warstwie. Izolatory wysokiego napięcia pokrywa się szkliwem o zabarwieniu brązowym, co uzyskuje się przez dodanie tlenków chromu lub manganu. Izolatory niskiego napięcia pokrywa się szkliwem bezbarwnym, przez które przebija barwa skorupy.

Wyrób szkliwa następuje w podobny sposób, jak przygotowanie masy porcelanowej. Surowce rozdrabnia się, poddaje przemiałowi na mokro w młynach kulowych i przepuszcza przez magnesy dla wyłapania cząstek żelaza. Po przepuszczeniu przez sita wibracyjne szkliwo przechowuje się w postaci wodnej zawiesiny w zbiornikach, zaopatrzonych w mieszadła. Zestawienie składu szkliwa musi być dobrze dobrane do masy przedmiotu pod względem równości współczynników rozszerzalności cieplnej, aby uzyskać połączenie szkliwa z masą odporne na zmiany temperatury.

Do wypału porcelany stosuje się piece okrągłe komorowe do pracy okresowej lub też piece tunelowe do pracy ciągłej. Jako materiał opałowy służy węgiel długopłomienny lub gaz generatorowy albo ziemny. Do wypału izolatorów wysokiego napięcia stosuje się zwykle piece dwukomorowe piętrowe o pojemności 30 do 80 m³. W piecach dwukomorowych gazy spalinowe wychodzą z palenisk początkowo pionowo do góry, przy sklepieniu pieca zmieniają kierunek w stronę podstawy pieca, przechodząc między wypalanym towarem, wchodzą do kanałów zbiorczych w podstawie pieca i kanałami w ścianach komory dolnej dostają się do komory górnej, z której uchodzą do komina. W komorze górnej osiąga się temperaturę ok. 900° C i przeprowadza wyżarzenie. Komora dolna osiąga temperaturę ok. 1430° C i służy do wypału ostatecznego.

Wypał ostateczny (główny) składa się z dwóch faz: przedpału i następującego bezpośrednio po tym wypału ostrego (dopału). Przedpał obejmuje okres czasu do osiągnięcia temperatury około 900° C i jest szczególnie ważny dla przedmiotów grubościennych. W okresie przedpału w składzie masy zachodzą doniosłe przemiany, spowodowane rozkładem kaolinu i powodujące zmianę wymiarów wypalanych przedmiotów. Skomplikowane te zjawiska wymagają bardzo ostrożnego przeprowadzania przebiegu palenia z zachowaniem określonej prędkości wzrostu temperatury według wzorcowej krzywej oraz doboru składu gazów spalinowych (atmosfera utleniająca). Okres dopału wymaga redukującej atmosfery gazów spalinowych z przejściem pod koniec wypału w atmosferę neutralną.

Po uzyskaniu końcowej temperatury wypału dodawanie paliwa wstrzymuje się i następuje okres studzenia pieca. Okres ten jest bardzo ważny dla uzyskania dużej wytrzymałości mechanicznej izolatorów i powinien być tym dłuższy, im większe wymiarowo izolatory znajdują się w piecu i im wyższe wymagania wytrzymałościowe są stawiane. Podczas wypału kontroluje się wzrost temperatury pieca termoparami i stożkami Segera. Pod koniec wypału temperatura pieca powinna być możliwie wyrównana we wszystkich miejscach. Ponieważ nie jest to całkowicie możliwe do przeprowadzenia, a w trakcie samego wypału występuje nierównomierny rozkład strumieni spalin w komorze pieca, ustawienie materiału w piecu nie jest dowolne.

Załadowanie pieca odbywa się według ustalonego planu, podającego dozwolone i najwłaściwsze strefy pieca dla poszczególnych typów izolatorów. Najlepsze strefy znajdują się w środkowej części pieca, najgorsze przy ścianach. Niedopalenie izolatorów powoduje porowatość, przepalenie — z mniejszenie wytrzymałości mechanicznej. Jednostronne działanie płomieni powoduje wykrzywienia długich izolatorów przepustowych. Orientacyjnie okres pracy pieca komorowego wynosi 4 do 7 dni. Wartości niższe dotyczą pieców małych z materiałem cienkościennym, wartości wyższe — pieców dużych z zawartością izolatorów wysokiego napięcia. Izolatory o bardzo dużych wymiarach wypala się w piecach specjalnych o znacznie dłuższym czasie całkowitego okresu palenia. Charakterystyczne dane o wypale podaje tabl. II.

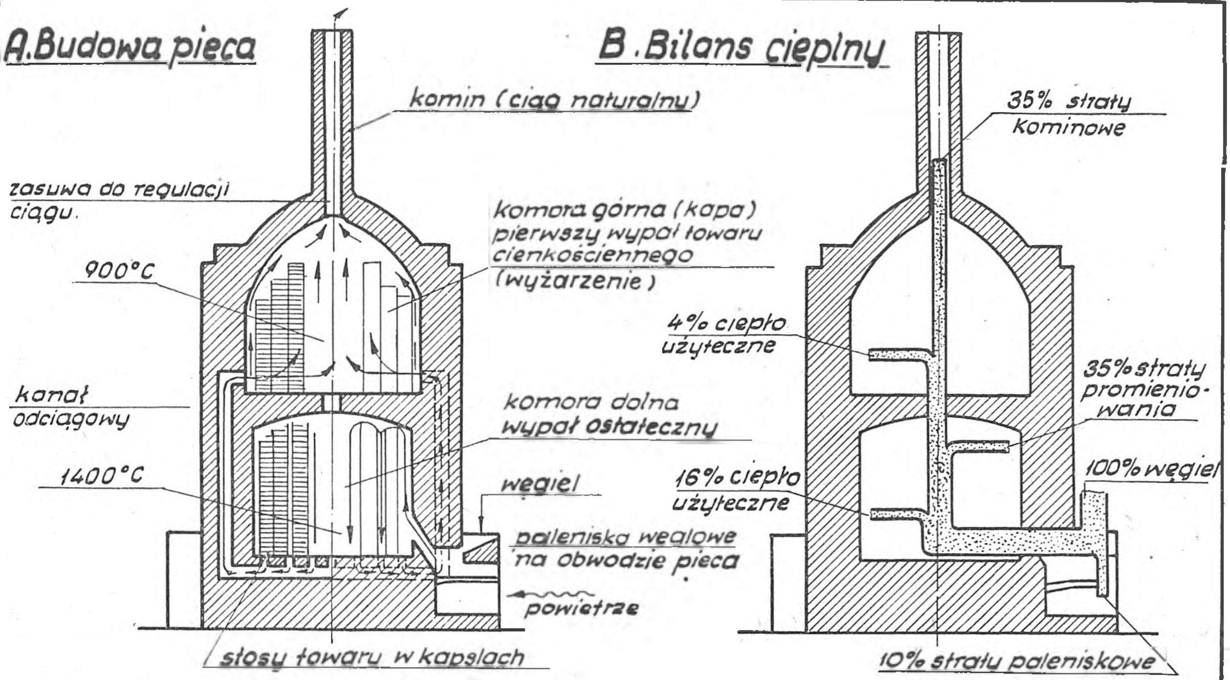
Lepsze wyzyskanie ciepła oraz dogodniejsze warunki pracy przy załadowaniu i wyładowaniu towaru uzyskuje się w piecach tunelowych. Materiał załadowuje się zewnątrz pieca na wózki, które przesuwa się długim kanałem (kilkadziesiąt do 100 m), posiadającym pośrodku swej długości strefę ogniową, podgrzewaną palnikami gazowymi. Czasowy przebieg temperatur pieca komorowego uzyskuje się tu liniowym przesuwem wózka wzdłuż różnych stref wypałowych kanału pieca. Materiał na wózkach stopniowo podgrzewa się, przechodzi przez strefę najgorętszą i następnie przechodzi do strefy ochładzania. Duże zastosowanie znalazły piece tunelowe przy wypale artykułów prasowanych oraz izolatorów niskiego napięcia wytwarzanych masowo, dla których możliwe jest wyregulowanie poszczególnych stref pieca.

Ustawianie materiału w piecu. Wypalane przedmioty ustawia się w kapslach z ogniotrwałej szamoty. Kapsle są to okrągłe lub owalne naczynia o płaskich dnach, na których ustawia się wypalane przedmioty. Użycie kapsli pozwala na ustawianie wypalanych przedmiotów w stosach, umożliwiających wyzyskanie objętości komory, oraz chroni przedmioty przed bezpośrednim działaniem płomieni i zanieczyszczeń od gazów spalinowych. Długie izolatory przepustowe oraz długie rury mocuje się w kapslach w pozycji wiszącej na kołnierzu izolatora lub przy pomocy specjalnych głowic, wykonanych łącznie z izolatorem. Głowice te po wypale odcina się. Miejsca styku przedmiotów wypalanych z kapslami wykonuje się bez szkliwa, gdyż inaczej przy stopieniu szkliwa nastąpiłoby spieczenie towaru z kapslami. Miejsca styku wypadają po wypale białe i surowe, co jednak nie umniejsza własności izolacyjnych samego materiału, gdyż czerep porcelany dobrze wypalonej jest nienasiąkliwy. Jeżeli jest wymagany jednolity wygląd zewnętrzny produktu, wtedy dla uniknięcia braków szkliwa w niepożądanych miejscach stosuje się umocowanie przedmiotu w kapslu przy pomocy odpowiednich podstawek, co oczywiście utrudnia wypał i powoduje wzrost kosztów wykonania.

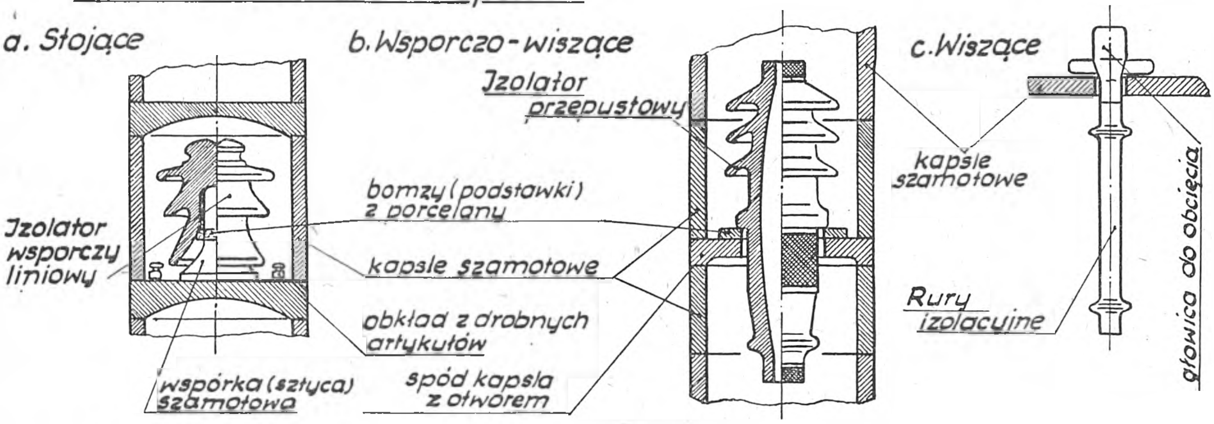
Ważnym środkiem pomocniczym przy wypale są bomzy, tj. różnego kształtu podstawki, podkładki, podpórki itp. wykonane z tego samego materiału, co sam przedmiot, a służące do ochrony wypalanego przedmiotu przed deformacją. Pod działaniem wysokiej temperatury masa porcelanowa przechodzi w stan plastyczny, wskutek czego i różne części wyrobów wymagają podparcia lub podstawy, które dawałyby wzmocnienie mechaniczne, a równocześnie ulegały skurczowi przy wypale.

W szerokim zakresie stosowane są bomzy przy wypale wyrobów prasowanych. Użycie ich jest jednorazowe i koszt ich wykonania oraz przygotowania specjalnej matrycy obciąża koszta wyrobu. W pewnych wypadkach stosowane są również bomzy wykonane z ogniotrwałej masy szamotowej. Materiałami wyjściowymi dla masy szamotowej do wyrobu kapsli są plastyczne ogniotrwałe gliny oraz szamot, tj. czysty złom z używanych już kapsli. Złom szamotowy ulega rozdrobnieniu w łamaczach, a następnie przesianiu przez sita na frakcje o różnej średnicy ziaren.

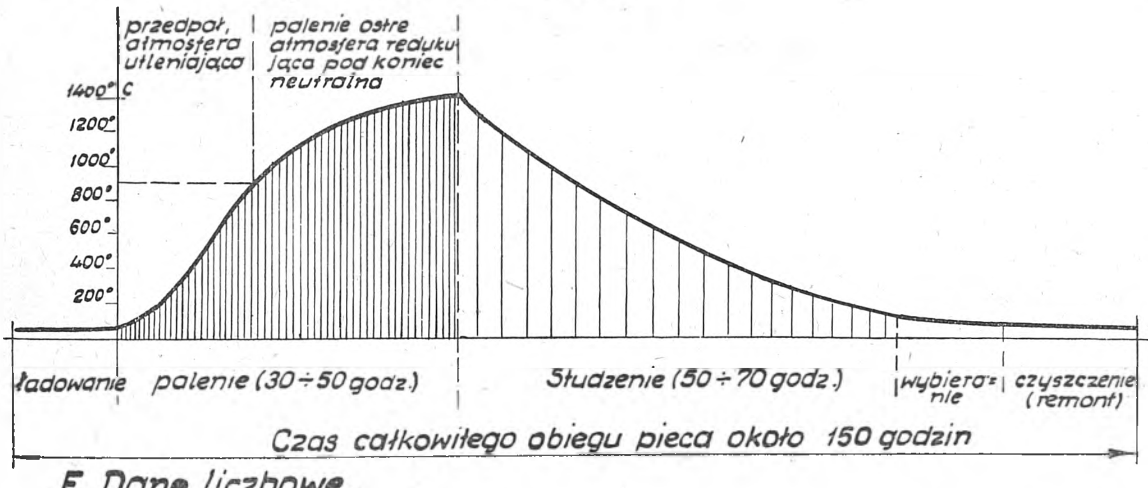
Tablica II



C. Ułożenie towaru w kapslach



D. Przebieg pracy pieca okrągłego



E. Dane liczbowe.

Objętość komory dolnej 30 ÷ 80 m^3

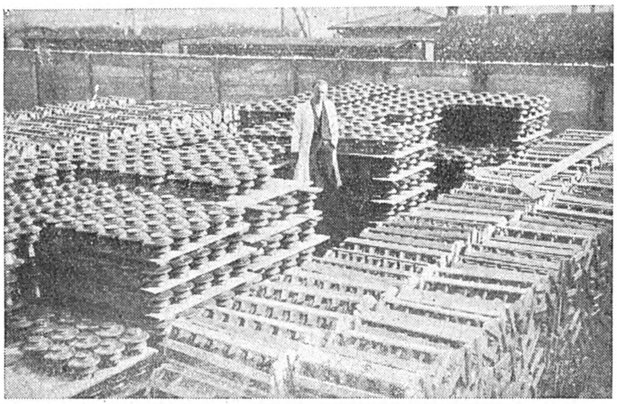
Zużycie węgla: około 2,1 ÷ 2,5 kg na 1 kg towaru (elektroporcelany); 200 ÷ 230 kg/m^3 obj. pieca.

Objętość kapsli (załadowanie pieca) około 50% objętości komory.

Kapsle używa się 2 ÷ 5 razy

Braki odpałowe wynoszą kilka procent.

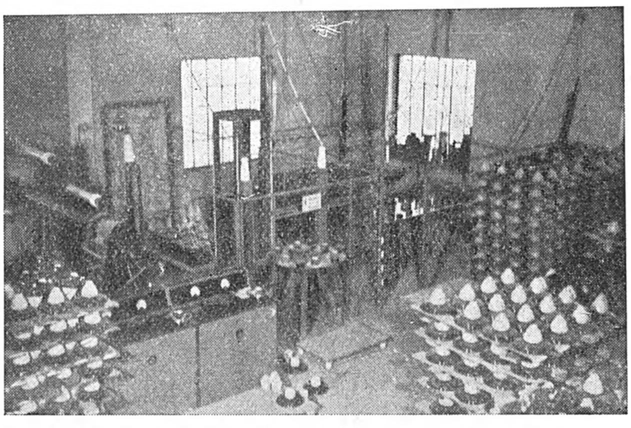
Gliny plastyczne suszy się, a następnie rozpyla na kołotokach, zaopatrzonych w sita lub przy użyciu specjalnych młynków. Odmierzone ilości szamotu i gliny nasypuje się naprzemian cienkimi warstwami w betonowych dołach i zwilża wodą. Wilgotną mieszaninę przepuszcza się przez ślimakowe mieszalniki celem dokładnego wymieszania. Wyrób kapsli i bomzów szamotowych następuje metodą formowania na obracających się wrzecionach lub też przez prasowanie. Surowe kapsle suszy się, a następnie przepala w górnej komorze pieca, wskutek czego uzyskuje się



Rys. 3. Skład izolatorów liniowych

dość znaczną wytrzymałość mechaniczną, i w tym stanie są one już używane do ładowania materiału. Ponieważ masa szamotowa jest ogniotrwała, kapsle wytrzymują kilkakrotne użycie i po wyjściu z pieca wracają znowu do ładowania.

Kontrola materiału po wypale. Wyroby wypalone po oczyszczeniu z piasku, zasypów, bomzów podlegają oględzinom zewnętrznym, mającym na celu wysortowanie sztuk, wykazujących usterki i uszkodzenia zewnętrzne. Sztuki wykazujące widoczne uszkodzenia idą na złom, nie mający zastosowania, natomiast sztuki z usterkami powstałymi przy wypale, np. wykazujące zasypy szamotem z kapsli, sklejenia, braki szkliwa, dają się niejednokrotnie poprawić. Sztuki wyrobu, uznane za dobre przy oględzinach zewnętrznych, poddaje się dokładnym próbom i badaniom elektrycznym, mechanicznym i cieplnym, przewidzianym przez przepisy i normy (rys. 3, 4 i 5).



Rys. 4. Ogólny widok laboratorium wysokonapięciowego w fabryce izolatorów

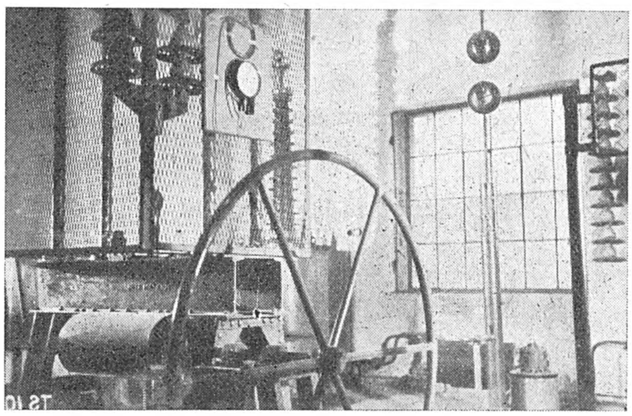
6. Obróbka po wypale.

Ze względu na bardzo dużą twardość porcelany po wypale (7 do 8 według skali Mohsa) i duże trudności obróbki w stanie wypalonym dąży się do nadania ostatecznych kształtów i wymiarów w stanie niewypalonym.

Obróbkę dodatkową po wypale stosuje się dla usunięcia braków, powstałych w czasie wypalania (szlifowanie zasypów, zlepień, obcięcie głowic), dla poprawienia dokładności wykonania oraz dla nadania kształtów lub własności specjalnych.

Obróbka po wyżarzeniu (biskwitu). Przedmioty poddane wyżarzeniu w temperaturze około 900° C posiadają dość dużą wytrzymałość mechaniczną i mogą być poddane obróbce specjalnymi narzędziami. W szerokim zakresie stosuje się wiercenie, toczenie, frezowanie. Ponieważ skurcz od stanu wyżarzonego do stanu po wypale daje się, w przeciwieństwie do skurczu suszenia, dość dokładnie obliczyć, otrzymujemy w ten sposób możliwość dokładniejszego utrzymania wymiarów. Szczególnie cenne jest zastosowanie tego rodzaju obróbki przy sporządzaniu wzorów nowych artykułów. Do wykonania próbnych sztuk jako produkt wyjściowy służą płytki, cylindry itp. kształtki. Również ten rodzaj obróbki stosuje się do produkcji np. cienkościennych szpul, których nie można wykonać w stanie surowym ze względu na zbyt małą wytrzymałość.

Szlifowanie, wiercenie, przecinanie. Szlifowanie płaszczyzn małych przedmiotów wykonywa się na poziomych tarczach karborundowych. Płaszczyzny większych przedmiotów szlifuje się na tarczach żeliwnych przy użyciu



Rys. 5. Maszyna do prób elektro-mechanicznych

mokrego piasku. Szlifowanie nierówności na powierzchni przedmiotów wykonywa się szlifierkami o tarczach pionowych lub szlifierkami z giętkim wałem.

Do szlifu okrągłego dużych izolatorów stosuje się karuzelówki ze szlifierkami zamocowanymi na wspornikach. Do szlifowania gładkich pręcików i rurek, stosowanych głównie do celów radiotechnicznych, bardzo korzystne jest zastosowanie szlifierek bezkłowych, umożliwiających uzyskanie dokładności 0,01 mm. Wiercenie otworów jest uciążliwe, daje się jednak wykonać przy użyciu narzędzi karborundowych, z twardego spieku lub z twardego brązu z zamocowanymi — na drodze elektrolitycznej — drobnymi ziarnkami diamentowymi.

Do przecinania używa się tarcz karborundowych lub tarcz metalowych, pokrytych okruchami diamentowymi. Odcinanie głowic, służących do podwieszenia przy wypale, najlepiej jest wykonać przez lokalne nagrzanie naciętego żłobka rozżarzonym drutem oporowym, gwałtowne ochłodzenie zimną wodą i lekkie uderzenie.

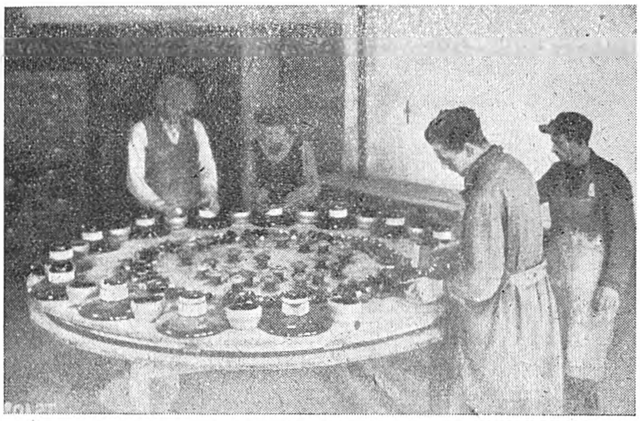
Często zachodzi potrzeba usunięcia z pewnego miejsca izolatora polewy lub wykonania szorstkiej powierzchni. Najlepiej można to wykonać strumieniem piasku z piaskownicy. Części niepodlegające piaskowaniu osłania się opaskami gumowymi.

Metalizowanie. W wielu wypadkach w izolatorach wysokiego napięcia lub dla wysokiej częstotliwości należy pewne części pometalizować. Najdogodniejsza jest metoda natryskiwania według Schoopa. Sposób ten można stosować do metalizowania zarówno powierzchni zewnętrznych, jak i wewnętrznej powierzchni długich rur lub izolatorów przepustowych. Do celów radiotechnicznych stosuje się częściej powlekanie miejsc metalizowanych olejowo-żywicznym roztworem srebra i wypalanie w piecach muflowych w temperaturze około 850° C. Przez wypał następuje bardzo dobre i trwałe połączenie srebra z materiałem ceramicznym. Grubość warstwy można zwiększyć na drodze elektrolitycznej, otrzymując w ten sposób możliwość bezpośredniego połączenia z częściami metalowymi przez lutowanie.

Połączenie części porcelanowych z okuciami. Dla otrzymania trwałego i sztywnego połączenia części porcelanowych, np. izolatorów, z okuciami stosuje się zalewanie łatwo topliwymi stopami ołowiu lub kitami topliwymi o podstawie siarkowej. Stosuje się również kity twardniejące wskutek zachodzącej reakcji chemicznej składników lub kity tężejące wskutek wiązania wody krystalicznej. Przy montażu izolatorów wiszących używa się wysokogatunkowych cementów. Zasadniczą cechą wszystkich kitów musi być stałość objętości w zmiennych warunkach pracy. Dla przejęcia zmian wymiarowych, spowodowanych różnymi współczynnikami rozszerzalności, stosuje się pośrednie warstwy z materiałów elastycznych (rys. 6).

Do zamocowania izolatorów liniowych na trzonach stalowych stosuje się prócz kitowania nakręcanie przy użyciu konopi lub wkładek z nasycanego papieru, albo też wkręcanie w zacementowaną uprzednio w izolatorze metalową nagwintowaną tuleję z blachy.

Do łączenia izolatorów przepustowych lub wsporczych z okuciami stosuje się obecnie coraz częściej połączenia na docisk, przy użyciu śrub i elastycznych podkładek. Do za-



Rys. 6. Montaż izolatorów wiszących

mocowania sworzni, kołków lub tulei w drobnych wyrobach elektroinstalacyjnych stosuje się roztłaczanie lub sprasowywanie rozgrzanych uprzednio do stanu plastycznego części metalowych.

7. Tolerancje wymiarowe.

Przy projektowaniu oraz określaniu warunków technicznych na części porcelanowe lub części metalowe, przeznaczone do połączenia z porcelanowymi, należy zwrócić szczególną uwagę na stosunkowo duże odchyłki wymiarowe, z którymi wyroby porcelanowe są wykonywane. Na dokładność wykonania zasadniczy wpływ ma charakterystyczna własność wyrobów porcelanowych: ciągła zmiana wymiarów przedmiotu w czasie produkcji wskutek schnięcia i wypału. Do tego należy dodać niedokładności wykonania wskutek indywidualnej produkcji części toczonych i formowanych oraz odkształcenia wyrobów wskutek plastyczności materiału, a również wskutek wyrabiania się form i narzędzi.

Przy konieczności ścisłego pasowania części porcelanowych z metalowymi należy uwzględniać możliwość łatwiejszego i tańszego dopasowania indywidualnego części metalowych. Konieczne jest również wzięcie pod uwagę możliwości dotrzymania odchyłek w wymiarach, będących sumą kilku wymiarów o dopuszczalnych małych odchyłkach. Np. przy izolatorach przepustowych zakończenia przeznaczone do umocowania okuć winny być tak zaprojektowane, aby dopuszczone było szlifowanie końców dla otrzymania ogólnej długości w żądanych granicach.

Normy na dopuszczalne odchyłki wymiarowe dla materiałów ceramicznych przewidują trzy klasy dokładności wykonania:

1. klasa zwykła o odchyłach $\pm$ 10% do $\pm$ 3%, zalecona do wyrobów formowanych, toczonych i odlewanych; należy ją stosować gdzie tylko możliwe, gdyż jest najbardziej ekonomiczna pod względem kosztów obróbki;

2. klasa średnia o odchyłkach $\pm$ 5% do $\pm$ 2%, obowiązuje dla wyrobów prasowanych; dla części toczonych, formowanych i odlewanych wymaga specjalnego uzgodnienia między dostawcą a odbiorcą;

3. klasa dokładna wymaga specjalnego uzgodnienia między dostawcą a odbiorcą i to zarówno dla części prasowanych, jak i dla innych rodzajów produkcji, obrabianych dodatkowo przez szlifowanie, wiercenie.

Celem zwiększenia dokładności wykonania stosuje się kontrolę i poprawki wymiarowe międzyoperacyjne, a głównie po wyszuszeniu i wyżarzeniu.

8. Rekapitulacja.

Duży zakres zastosowania porcelany oraz innych wyrobów ceramicznych w różnych gałęziach przemysłu elektrycznego i energetyki spowodował w ostatnich dziesiątkach lat rozwój przemysłu ceramicznego dla potrzeb elektrotechniki. Wyżej przedstawiono typowy przebieg produkcji wyrobów porcelanowych do celów elektrotechnicznych.

Zasadnicze procesy produkcyjne obejmują: przygotowanie masy, nadawanie kształtu, suszenie, wypał i obróbkę końcową. Do wyrobu masy służą: kaolin, kwarc, skaleń, których dobór ilościowy i jakościowy pozwala na otrzymanie potrzebnych własności elektrycznych i mechanicznych. Po przemieleniu składników zawiesinę wodną przepuszcza się przez prasę filtracyjną, a otrzymaną masę plastyczną poddaje się odpowietrzeniu i homogenizacji. Nadawanie kształtu odbywa się przez toczenie na tokarkach z twardych płoszek, formowanie w formach gipsowych z masy plastycznej, odlewanie w formach z zawiesiny wodnej oraz prasowanie i ciągnięcie z wilgotnej sproszkowanej masy w matrycach stalowych. Używane są również złożone sposoby produkcji dla przedmiotów o skomplikowanych kształtach lub o dużych wymiarach.

Wybór sposobu fabrykacji zależy od kształtu, wielkości, liczby sztuk, wymagań elektrycznych i mechanicznych. Istotną stroną produkcji jest przygotowanie narzędzi oraz uwzględnienie odkształceń produktu w czasie suszenia i wypału głównie wskutek skurczu, dochodzącego do 23%. Wymaga to przeprowadzania prób produkcyjnych.

Wytworzone izolatory dokładnie suszy się w ciągu kilku dni, pokrywa szkliwem i wypala jedno- lub dwukrotnie w piecach periodycznych okrągłych lub tunelowych o ciągłym działaniu. Temperatura końcowa wypału przekracza 1400° C, a długi proces wypału musi być troskliwie prowadzony i kontrolowany, gdyż dopiero wypał powoduje zmiany w mieszaninie mineralnych składników, prowadzące do powstania porcelany z charakterystycznymi jej własnościami. Szkliwienie oraz ustawianie materiału w piecu wymaga produkcji pomocniczej: szkliwa, pokrywającego powierzchnię przedmiotu gładką błyszczącą warstewką, po stopieniu w temperaturze wypału, oraz kapsli i bomzów, spełniających swe zadanie pomocnicze przy ładowaniu materiału i wypale.

Materiał wyjęty z pieca podlega kontroli wykonania i badaniom własności elektrycznych i mechanicznych. Nadawanie specjalnych własności wymaga obróbki dodatkowej: szlifowania, cięcia, wiercenia oraz metalizowania powierzchni. Do łączenia części porcelanowych z metalowymi stosowane są kity niepęczniejące.

Przy projektowaniu nowych konstrukcji należy uwzględniać duże odchyłki wymiarowe części porcelanowych, spowodowane względami technologicznymi. Zastosowanie właściwego rozwiązania pozwala uniknąć trudności przy dodatkowej kosztownej obróbce.

Dopiero wyższa technika umożliwia wysoką wydajność pracy człowieka i stwarza warunki dla wydatnego wzrostu dobrobytu i kultury całego narodu, dobrobytu i kultury mas pracujących, bez czego nie ma socjalizmu.

B. Bierut

PROF. DR INŻ. J. I. SKOWROŃSKI

W sprawie ograniczenia stosowania polewy w porcelanie elektrotechnicznej*)

Treść. Polewa, mająca znaczenie w materiałach elektrotechnicznych jedynie jako ochrona od zanieczyszczenia, może być w drobnym sprzęcie pominięta całkowicie, a w izolatorach napowietrznych w miejscach, służących za oparcie przy wypalaniu. Da to znaczne oszczędności i pozwoli na zwiększenie produkcji.

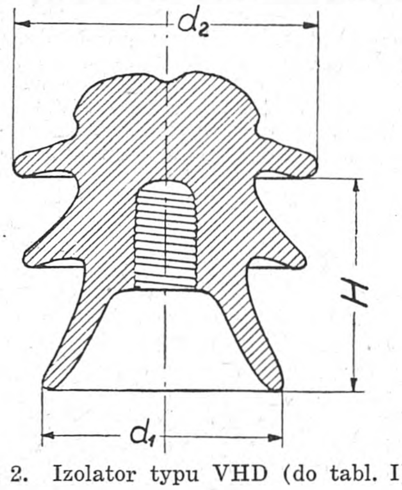
Ограничение применения глазури для электротехнического фарфора. Глазурь служит в электротехнических фарфоровых изделиях исключительно для защиты их от загрязнения. От глазури можно отказаться в мелком материале полностью, а в воздушных изоляторах в тех местах, которыми изолятор соприкасается с подпоркой во время обжига. В результате такого отказа получится удешевление производства и возможность его увеличения.

On the subject of restricting glazes in electrical porcelain. Glazing in electrical materials is of importance solely as a means of protection against soiling and can be entirely dispensed with in the case of minor fittings and in the case of outdoor insulators at the base on which the insulator rests during the firing process. This would result in substantial economy and increase in production.

Czerep porcelany, jak i większości materiałów ceramicznych, posiada powierzchnię szorstką i dlatego pokrywa się go polewą, szkliwem, które mu nadaje gładkość, połysk, ewentualnie barwę. W ceramice użytkowej polewa jest zarówno ozdobą, jak i ochroną od brudzenia się, ponieważ

Rys. 1. Izolatory wykonane do badania z polewą całkowitą, z obrzeżem bez polewy i zupełnie niepolewane

kurz i brud łatwo przystaje i trudno daje się usuwać z czerepu szorstkiego. Natomiast w porcelanie technicznej, oczywiście, gra rolę tylko wzgląd drugi, tj. łatwość utrzymania w czystości i może jeszcze — jeżeli chodzi np.



Rys. 2. Izolator typu VHD (do tabl. I)

o chemiczne naczynia — wzgląd na nieprzyjemność dotknięcia szorstkiego przedmiotu.

W porcelanie elektrotechnicznej przeważającym względem przy zagadnieniu stosowania lub niestosowania polewy będą własności elektryczne sprzętu polewanego i niepolewanego; względy inne — jak np. estetyczny — mają znaczenie drugorzędne.

Tutaj należy sprostować często spotykany pogląd, że polewa rzekomo chroni przedmiot porcelanowy od nasiąkania wilgocią i dlatego ma ważne znaczenie dla własności dielektrycznych przedmiotu. Tak bynajmniej nie jest. Dobrze wypalona porcelana nie może być nasiąkliwa, tj. nie może posiadać porów otwartych. W myśl norm (PNE-8) dokładność spieczenia próbuje się pod wysokim ciśnieniem (powyżej 150 atm.) przy pomocy barwnika rozpuszczonego w cieczy przenikliwej i zwilżającej porcelanę lepiej od wody (fuksyna w alkoholu metylowym). Przepisy nie dopuszczają przenikania barwnika do wnętrza materiału po przez powierzchnię przełomu. Dla porcelany niskonapięciowej, stosowanej do sprzętu elektroinstalacyjnego, można stosować łagodniejszą próbę — przez moczenie w barwniku bez ciśnienia, ale zawsze mamy do czynienia z ciałem nieporowatym (w sensie porów otwartych) i nienasiąkliwym. Co więcej, próby wykazały, że polewa nie chroni masy źle wypalonej i porowatej od przenikania wilgoci, a przede wszystkim barwnika, gdyż w przedmiocie polewanym istnieją zwykle skazy polewy, a również miejsca w ogóle pozbawione polewy celowo, np. służące jako oparcie przy wypalaniu, przez które ciecz wzgl. wilgoć przenika do wnętrza porowatej skorupy.

Z powyższych względów polewa nie ma większego znaczenia z punktu widzenia własności elektrycznych wewnętrznych materiału, jak wytrzymałość na przebicie, oporność skrośna, stratność.

Co się tyczy własności powierzchniowych — oporności powierzchniowej i wytrzymałości na przeskok, to subtelne pomiary wykazują nawet nieznaczną przewagę powierzchni niepolewanej i to z dwóch względów. Przede wszystkim droga upływu wzdłuż powierzchni nierównej, szorstkiej, jest zawsze dłuższa od drogi wzdłuż gładkiej polewy, a więc i oporność jest większa. Następnie polewa zawiera więcej topników (skalenia), a więc i więcej przewodzących jonów metali alkalicznych — potasu i sodu, skutkiem czego oporność właściwa powierzchni niepolewanej będzie większa niż

Tablica I. Porównanie wytrzymałości na przeskok izolatorów (typ VHD — 30), ob. rys. 2

Wykonanie	Nr	Przeskok na sucho kV	Przeskok na mokro kV	Wymiary wg rys. 2 H mm	d_1 mm	d_2 mm
Normalne	1	151	101	177	182	232
	2	148	100	180	181	232
	3	152	103	178	175	232
Dolne obrzeże bez polewy	4	152	105	177	188	232
	5	145	106	182	190	231
	6	151	104	178	189	232
Całkowicie bez polewy	7	147	90	177	185	234
	8	142	91	175	185	233
	9	144	91	184	186	232
Typ VHD — 15						
Normalne	10	105	65	101	124	155
	11	103	62	102	124	154
	12	104	63	100	124	154
Dolne obrzeże bez polewy	13	104	60	98	124	152
	14	103	61	97	124	152
	15	103	63	99	124	153
Całkowicie bez polewy	16	103	62	100	123	154
	17	101	60	101	126	152,5
	18	101	61	99	125	152

*) Referat zgłoszony na Konferencję Materiałoznawstwa Elektrycznego.

polewanej. Prócz tego adsorbcja wilgoci, tworzącej powierzchniową warstwę przewodzącą, będzie większa w przypadku polewy skutkiem obecności alkalicznych pierwiastków.

Jedynie wytrzymałość mechaniczna porcelany, zwłaszcza udarność, oraz wytrzymałość na rozciąganie mogą być polepszone przy zastosowaniu polewy. Jednak wpływ jej nie jest duży i może być wyraźny jedynie przy bardzo starannym doborze polewy.

Celem wykazania wpływu polewy na własności izolatorów wykonano próbę typu na serii izolatorów (typu VHD — 15); a mianowicie (rys. 1):

a) 3 szt. w wykonaniu normalnym, tj. całkowicie polewane z wyjątkiem wnęki,

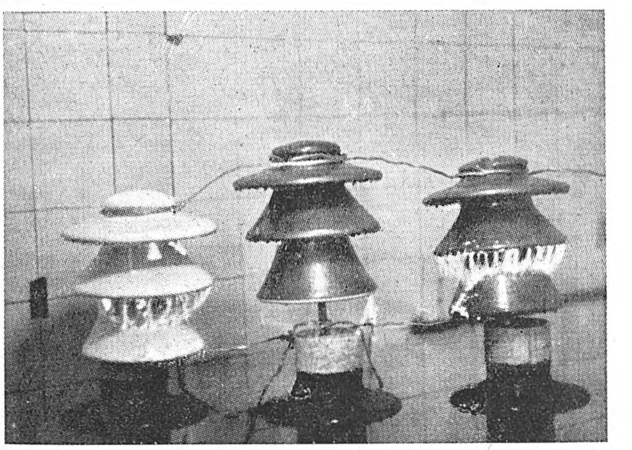
b) 3 sztuki polewane z wyjątkiem wnęki i dolnego obrzeża klosza,

c) 3 sztuki zupełnie nie polewane*).

Wyniki podaje tablica I. Jak można z tych wyników wnioskować, wpływ polewy na napięcia przeskoku jest nieznaczny, a w każdym razie tego rzędu co czynniki przypadkowe przy próbie itd. (rys. 3).

Próby elektryczne, wykonane na próbkach porcelany do sprzętu instalacyjnego — polewanych i niepolewanych (gniazdka bezpiecznikowe i wtyczkowe, łączniki, izolatorki), po długotrwałym moczeniu w wodzie, nie wykazały żadnych istotnych różnic we własnościach próbek polewanych i niepolewanych. Również próby wielokrotnego zamrażania do —35°C namokniętych próbek nie dały żadnych wyników, choć jakość porcelany była niska (próba nasiąkalności dała wynik ujemny).

Wszystkie rozważania i pomiary powyższe dotyczą powierzchni bezwzględnie czystej, a nawet praktycznie czystej. Sprawa się jednak komplikuje, jeżeli powierzchnia



Rys. 3. Wyładowanie przy sztucznym deszczu na izolatorach
(lewy izolator niepolewany)

ulegnie mechanicznemu zanieczyszczeniu — kurzem, osadem, od dotykania rękami itp. Wtedy powierzchniowa izolacyjność obniża się mniej lub więcej zależnie od własności osadu. Osady tworzą się nawet na zupełnie gładkiej polewie i z biegiem czasu mogą utworzyć „patynę" pokrywającą izolator (rys. 4). W przypadku silnych osadów w pobliżu fabryk chemicznych na izolatorach wysokiego napięcia może dochodzić do silnych upływów, wyładowań i przeskoków.

Oczywiście, pokrycie gładką polewą nie uniemożliwia, ale utrudnia osiadanie zanieczyszczeń, a — co ważniejsze — ułatwia samooczyszczanie się pod wpływem wiatru i deszczu, jak również czyszczenie sztuczne.

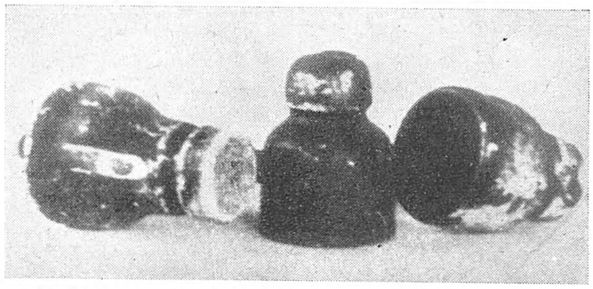
I to jest jedyny właściwy cel polewy na izolatorze: ułatwienie utrzymania jego powierzchni w czystości. Inne nie mają znaczenia. Wszędzie więc tam, gdzie to nie jest uzasadnione, można z polewy zrezygnować.

Kwestia ta nie jest obojętna dla produkcji porcelany elektrotechnicznej, albowiem koszt polewania stanowi poważną pozycję w kosztach produkcji, zwłaszcza dla artykułów drobnych.

*) Izolatorów i próbek porcelany instalacyjnej dostarczyły Zjednoczone Zakłady Porcelany w Solicach.

Proces polewania, w który tu nie możemy bliżej wnikać, wymaga nie tylko dodatkowych czynności, ale znacznie zmniejsza przelotność pieca i zwiększa ilość braków.

Przy produkcji drobnych przedmiotów (prasowanych) np. do sprzętu instalacyjnego polewanie wymaga dwu-



Rys. 4. Izolatory teletechniczne porcelanowe bardzo stare
(lewy z telegrafu indoeuropejskiego)

krotnego wypalania: raz przy niższej temperaturze (na tzw. biskwit) dla nadania przedmiotowi pewnej wytrzymałości i spoistości, aby mógł być bez uszkodzenia zanurzony w polewie, a następnie drugi raz w celu zupełnego wypalenia. Już to dwukrotne wypalanie, jak łatwo ocenić, przy drobnych przedmiotach wymaga dużo dodatkowej pracy i ze względu na wielką kruchość surowego wyrobu daje dużo odpadu. Sam proces drugiego wypalania przedmiotów polewanych wymaga (rys. 5) starannego ustawiania w kapslach poszczególnych przedmiotów tak, aby nie mogły zetknąć się ze sobą i aby przy wypalaniu topiąca

Rys. 5. Izolator kołpakowy w kapslu (główka niepolewana)

się polewa nie przykleiła przedmiotu do dna kapsla. Im więc drobniejszy przedmiot (gałka, tulejka, fajka), tym stosunkowo kłopotliwsze i droższe jest jego polewanie.

Niepolewanie drobnych przedmiotów pozwala na następujące ułatwienia fabrykacyjne:

1. wypalanie jednorazowe zamiast dwukrotnego,
2. pominięcie czynności polewania i wszystkich trudności technologicznych z tym związanych,
3. wypalanie drobnych przedmiotów bez troskliwego ustawiania, a masowo, np. w zasypce piaskowej, przez co zwiększa się parokrotnie zapełnienie przestrzeni użytkowej pieca.

Ogromna oszczędność, którą można uzyskać tą drogą, wymaga rewizji dotychczasowych wymagań co do polewania porcelany instalacyjnej, a mianowicie: należy zrezygnować ze względów estetycznych i zaprzestać niezwłocznie polewania drobnych części, w których możliwe zabrudzenie nie ma żadnego znaczenia. Należą tu na przykład: gałki (rolki), zaciski sufitowe, tulejki, pierścionki do oprawek, rozetki rozgałęźne (pokrywki, które i tak po zmontowaniu na ścianie są malowane), izolatorki odciągowe (tzw. serki).

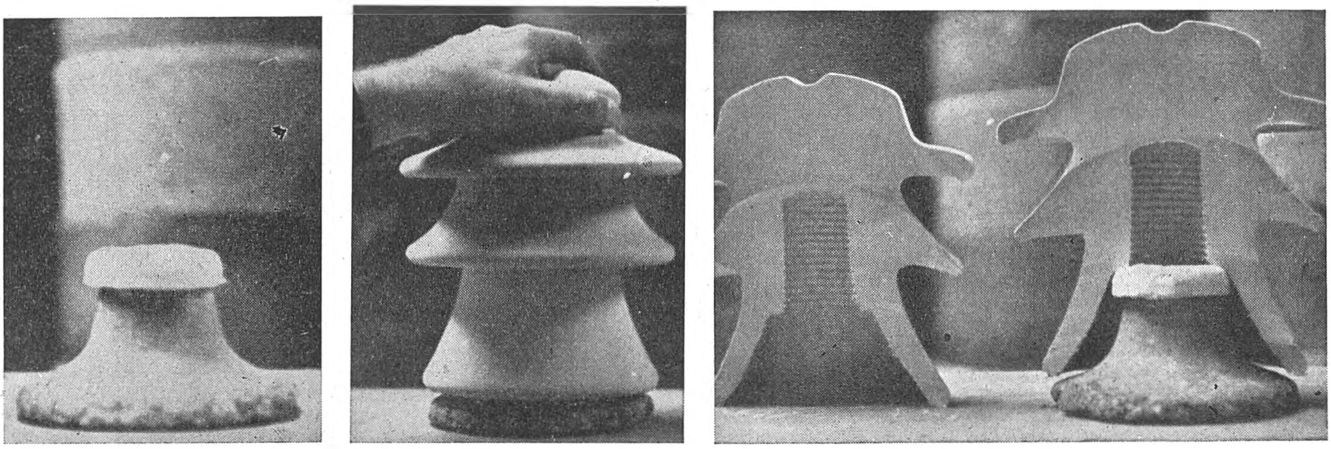
Szorstkość powierzchni przedmiotów niepolewanych może być znacznie zmniejszona przez dobór masy o odpowiednim

składzie, zawierającym więcej topników. Obecnie stosowane są nieodpowiednie. Opracowanie takiego składu nie nastręcza trudności i w tym kierunku są już pewne prace wykonywane. Również powierzchnia form stalowych do prasowania musiałaby być gładka, gdy obecnie nie dba się o to, a nawet płaszczyzny lekko nacina, przez co otrzymuje się powierzchnię nierówną.

Usunięcie tych trudności powinno dać wyrób gładki, aczkolwiek, oczywiście, bez szklistego połysku. Trzeba zauważyć, że tego rodzaju wyroby z mas szlachetnych (steatyt, calit) są wykonywane z reguły bez szkliwa.

Uzyskanie masy, dającej powierzchnię gładką o lekkim połysku, pozwoliłoby z czasem na skasowanie polewania nawet tych części sprzętu, których obecnie nie można zostawić bez polewy ze względu na szorstkość mas stosowanych, jak np. powierzchnie zewnętrzne gniazd i główek bezpiecznikowych). W tych przypadkach, ponieważ części te są w ruchu często narażone na dotknięcia, należy pozostawić polewę do czasu opracowania właściwej masy. W każdym razie próby w tym kierunku należy prowadzić.

Nieco inaczej przedstawia się sprawa izolatorów napowietrznych. Tu polewa spełnia rolę ważną, gdyż jak wspominaliśmy ułatwia oczyszczanie izolatora z zanieczyszczeń i osadów, które nawet do polewy silnie mogą przylegać, a tym bardziej do szorstkiej powierzchni. Ale i tu można — i trzeba — poczynić poważne oszczędności, a mianowicie: pozostawienie bez polewy obrzeża dolnego klosza pozwoli uprościć wypalanie i zwiększyć wypełnienie pieca. Aby izolator całkowicie pokryty polewą (prócz wnęki) mógł być wypalony, musi być w piecu ustawiany na tzw. bomzie. Ustawienie na dolnym kloszu z krawędzią bez polewy wprowadza oszczędność miejsca, zbyteczność bomzy i zmniejsza ilość braków. Sprawę tę wyjaśniają całkowicie rys. 6 a, b, c. Pozostawienie wąskiego obrzeża na dolnym kloszu nie zmniejsza własności elektrycznych w sposób dostrzegalny (tabl. I) również i w czasie pracy, gdyż osady nie mają tendencji trzymania się na dolnym obrzeżu, od spodu. Można to stwierdzić na izolatorach teletechnicznych, w których obrzeża są niepolewane, a na których zanieczyszczenia gromadzą się wewnątrz kloszy i na zewnętrznym kloszu.



Rys. 6 a, b, c. Przekroje izolatorów surowych; ustawienie na bomzie i bez bomzy

Normy niemieckie dawniej dopuszczały niepolewanie obrzeży, a później zakazały go. Trudno uzasadnić tę zmianę inaczej, jak względami konkurencyjnymi wielkich fabryk.

Normy francuskie dopuszczają wypalanie „na głowie", przy którym pozostają miejsca na główce niepolewane, ale za to są polewane obrzeża.

Normy radzieckie zezwalają na niepolewanie miejsc, służących za oparcie w czasie wypalania, a więc może to być również dolne obrzeże.

Wnioski. Ze względów oszczędnościowych i dla zwiększenia możliwości produkcyjnych przemysłu elektroceramicznego należy:

1. zaniechać polewania drobnego sprzętu elektrotechnicznego, jak gałek, tulejek, fajek, rozetek, łączników sufitowych, pierścionków do oprawek;

2. dopuścić pozostawianie bez polewy dolnego obrzeża w izolatorach liniowych stojących;

3. po opracowaniu odpowiedniej masy, dającej gładką powierzchnię, dopuścić niepolewanie sprzętu wnętrzowego jak bezpieczniki, gniazda, wtyczki, łączniki.

MGR INŻ. GZYLEWSKI JERZY
Zakład Wysokich Napięć GIEI

Obliczanie i badanie izolatorów przepustowych kondensatorowych*)

Treść. Artykuł omawia: a) wymagania stawiane izolatorom przepustowym kondensatorowym oraz kryteria, którymi należy się kierować przy projektowaniu izolatorów kondensatorowych, i b) badania laboratoryjne zwykle przeprowadzane na przepustach ze szczególnym uwzględnieniem pomiarów kąta stratności.

Расчет и испытание проходных изоляторов конденсаторного типа. Обсуждаются: а) требования, пред'являемые таким изоляторам, и соображения, которыми следует руководствоваться при проектировании изоляторов конденсаторного типа, и б) обычно применяемые методы лабораторного испытания таких изоляторов с обращением особенного внимания на измерение коэффициента потерь.

Computation and testing of condenser-type bushing insulators. The article deals with: a) the requirements with which condenser-type bushing insulators have to comply, and the criterions which are to serve as a guidance in the designing of such insulators, and b) the usual laboratory tests of the bushings, with particular allowance for the coefficient of loss.

1. Wstęp.

Szybki rozwój elektryfikacji kraju wymagać będzie budowy przesyłowych sieci elektrycznych najwyższych napięć na 110 i 220 kV. Związana z tym budowa transformatorów mocy na coraz to wyższe napięcia stawia przed konstruktorem izolatorów przepustowych trudne zagadnienie izolacyjne. Trudność ta polega na właściwym doborze materiału izolacyjnego oraz odpowiednim zaprojektowaniu konstrukcji, która by spełniała wymagania stawiane izolatorom przez eksploatację. Materiałami izolacyjnymi mogącymi mieć zastosowanie przy budowie przepustów są: papier, olej mineralny, papier bakielizowany oraz porcelana. Ta ostatnia ma raczej mniejsze zastosowanie do budowy izolatorów przepustowych na napięcia 110 kV i więcej ze względu na stosunkowo duże straty dielektryczne przy tych napięciach w wyższych temperaturach

*) Zgłoszono jako referat na Konferencję Materiałoznawstwa Elektrycznego.

(dopuszczalna temperatura oleju w transformatorze wynosi 90° C), jak i na trudności fabrykacyjne [1]. Najmniejszą stratność dielektryczną wykazuje papier celulozowy przesycony olejem. Izolator papierowo-olejowy wymaga jednak szczelnej obudowy hermetycznej wykonanej z porcelany, co powoduje pewne trudności w montażu oraz eksploatacji. Nadto w wypadku uszkodzenia obudowy porcelanowej olej izolacyjny wycieka; związane z tym elektryczne zniszczenie izolatora może stać się przyczyną pożaru.

Wśród wymienionych wyżej konstrukcji izolatorów przepustowych poważne miejsce zajmują izolatory przepustowe wykonane z papieru bakielizowanego (papier celulozowy przesycony żywicą fenolową lub krezolową).

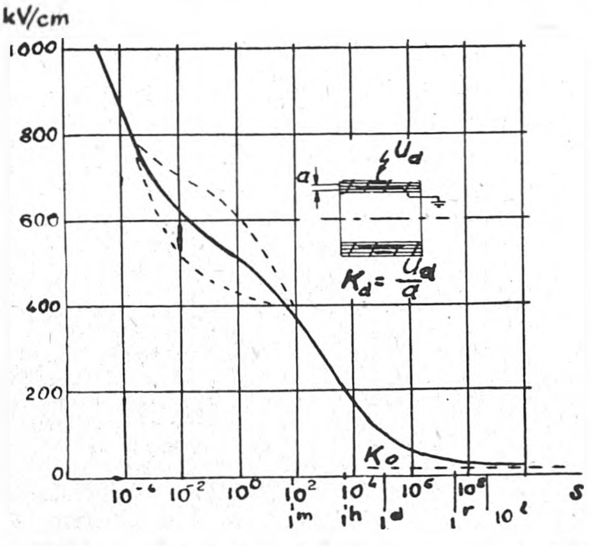
Rozpowszechnienie się tego typu izolatorów zawdzięczać należy dobrym własnościom dielektrycznym papieru bakielizowanego, prostocie budowy, małym wymiarom, dużemu bezpieczeństwu pracy oraz łatwością montażu.

Obudowa porcelanowa, służąca w części napowietrznej izolatora do ochrony przed wpływami atmosferycznymi, nie pracuje elektrycznie. Uszkodzenie więc porcelany nie zmniejsza bezpośrednio własności izolacyjnych przepustu i transformator pozostaje nadal w ruchu. Celem ujednostajnienia rozkładu naprężeń dielektrycznych zarówno w kierunku promieniowym, jak i osiowym izolator wykonany z papieru bakielizowanego zawiera wewnątrz szereg cylindrycznych elektrod metalowych (w konstrukcjach na b. wysokie napięcia elektrody wykonywane są z półprzewodników), rozdzielających materiał izolacyjny.

W pracy niniejszej podane będą kryteria, którymi winien się kierować konstruktor przy projektowaniu izolatorów przepustowych kondensatorowych. Omówione również będą rodzaje i zakresy prób laboratoryjnych, które należy wykonywać na izolatorach kondensatorowych celem stwierdzenia ich własności oraz przydatności do eksploatacji. W pracy niniejszej główny nacisk będzie położony na obliczanie oraz badanie izolatorów transformatorowych ze względu na ciężkie warunki pracy, stawiane im przez eksploatację.

2. Warunki, którym powinien odpowiadać izolator przepustowy kondensatorowy.

Zaprojektowanie izolatora przepustowego kondensatorowego polega na doborze materiału izolacyjnego oraz ustaleniu takich jego wymiarów, jak również ilości i rozkładu



Rys. 1. Wytrzymałość papieru bakielizowanego w funkcji czasu trwania naprężenia; grubość próbki $d = 2$ mm (Micafil)

ekranów, aby izolator spełniał wymagania stawiane mu przez eksploatację i próby laboratoryjne. Do wymagań tych należy zaliczyć:

1) dostateczną wytrzymałość dielektryczną oraz wytrzymywanie napięć probierczych bez uszkodzeń,

2) odporność na zjawisko starzenia się,

3) stateczność cieplną.

Wymagania te są szczególnie ciężkie w przypadku izolatorów transformatorowych, w których dolna część przepustu może pracować w oleju o temp. 90° C.

Wszystkie podane wyżej warunki powinny być uwzględnione w obliczeniach. Stosownie do tego obliczenie przepustu można podzielić na obliczenia elektryczne oraz cieplne.

Obliczenie elektryczne polega na określeniu wymiarów przepustu oraz liczby i rozkładu ekranów. Do obliczeń elektrycznych zaliczyć można także obliczenia na „erozję", mającą decydujący wpływ na zjawisko starzenia się.

Obliczenie cieplne polega na określeniu napięcia granicznego izolatora tj. napięcia o częstotliwości przemysłowej, przy którym zostaje zachwiana równowaga między ciepłem wydzielanym w dielektryku a ciepłem oddawanym przez izolator otoczeniu.

3. Obliczenia elektryczne.

a) Wytrzymałość dielektryczna

Wiadomą jest rzeczą, iż wytrzymałość dielektryczna materiałów izolacyjnych zależy od wielkości, czasu trwania i kształtu doprowadzonego napięcia. Rys. 1 przedstawia wytrzymałość dielektryczną papieru bakielizowanego w funkcji czasu trwania naprężenia. Wykres ten został sporządzony przez szwajcarską fabrykę izolatorów przepustowych „Micafil" dla wysokogatunkowego papieru bakielizowanego (superresocel) w układzie, zawierającym wewnątrz materiału izolacyjnego elektrody wykonane z folii. Dla czasów rzędu od 10^{-6} sek. do 10^{-4} sek przebicie materiału izolacyjnego ma charakter czysto elektryczny, dla czasów zaś rzędu od 10^2 sek. do 10^5 sek. przebicie jest typu cieplnego. Pomiędzy tymi przedziałami czasów przebicie materiału może być cieplne lub elektryczne — stąd duży rozrzut wyniku pomiarów.

Przy naprężeniach trwających kilka miesięcy lub lat przebicie materiału jest wynikiem występowania zjawiska „erozji". Zjawisko to będzie omówione niżej.

Jak wynika z podanej krzywej, wytrzymałości dielektrycznej nie można uważać jako stałej materiałowej. Wytrzymałość ta bowiem zależy między innymi od czasu działania napięcia. Poza tym stwierdzić można duży spadek wytrzymałości dielektrycznej dla czasów trwania naprężeń rzędu miesięcy i lat w stosunku do wytrzymałości udarowej i minutowej. Fakt ten nie pozwala wykorzystać wysokiej wytrzymałości materiału izolacyjnego przy próbach udarowych i napięciem wolnozmiennym. Średnio bowiem wartości szczytowe napięcia probierczego 5-minutowego nie przekraczają pięciokrotnej wartości napięcia roboczego i ośmiokrotnej wartości dla prób udarowych. Z krzywej zaś na rys. 1 wynika, iż kilkoletnia wytrzymałość dielektryczna papieru bakielizowanego jest około 50 razy mniejsza od wytrzymałości udarowej i około 20 razy mniejsza od wytrzymałości 5-minutowej. Przyjmując więc do obliczeń naprężenia dopuszczalne, występujące przy napięciu fazowym sieci, w której ma pracować obliczany izolator, i położone poniżej asymptoty K_0 na rys. 1, dajemy duży stopień bezpieczeństwa. Dlatego też wydaje się, że słuszne będzie twierdzenie, iż w tym przypadku niemożliwe jest przebicie izolacji wskutek przepięć łączeniowych i atmosferycznych.

b) Starzenie się izolatorów

Jak wiadomo, starzenie się jest to pogarszanie się własności mechanicznych i elektrycznych izolatora z biegiem czasu pracy izolatora.

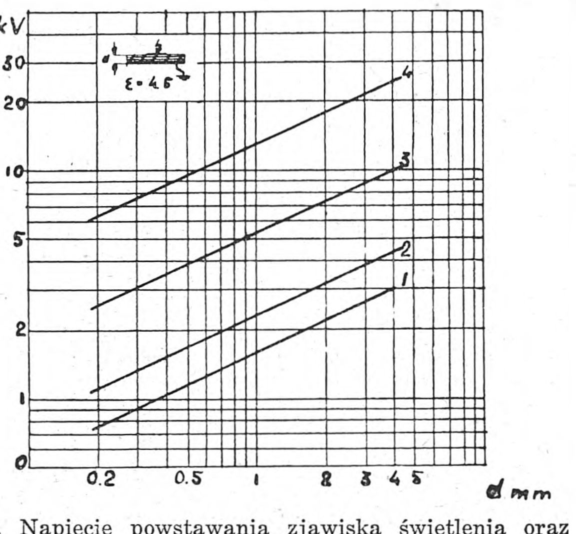
Ponieważ wytrzymałość mechaniczna w przypadku izolatorów przepustowych odgrywa drugorzędną rolę, decydujący wpływ na pracę przepustu posiada proces starzenia się elektrycznego. Na przebieg i szybkość starzenia się elektrycznego ma wpływ działanie temperatury, wilgotności oraz zjawisko erozji.

Działanie temperatury i wpływ jej na pogarszanie się stanu izolacji były przedmiotem obszernych badań. Stwierdzono, iż działanie cieplne obniża własności izolacyjne materiałów organicznych. Zdaniem Kappelera [2] nie istnieje temperatura graniczna, poniżej której własności izolacyjne nie pogarszają się. Jednakże przy występujących w eksploatacji temperaturach (najwyżej 90° C) starzenie się postępuje tak wolno, iż nie można mówić o cieplnym starzeniu się izolacji.

Wzrost wilgoci w materiale izolacyjnym powoduje, jak wiadomo, wzrost strat dielektrycznych, które z kolei powodują bardziej intensywne wysychanie izolacji. Stąd też niebezpieczeństwo starzenia się na skutek wilgoci jest niewielkie. W izolatorach typu napowietrznego, mających porcelanową obudowę oraz szczelne złącza, wilgotność nie odgrywa żadnej roli.

Decydujący wpływ na starzenie się izolatorów odgrywa zjawisko erozji. Dla układu izolacyjnego z rys. 1 istnieje pewne napięcie, przy którym na krawędzi krótszej elektrody otoczonej gazami (np. powietrzem) rozpoczną się wyładowania świetlące. Otóż w izolatorach kondensatorowych — pomimo stosowania możliwie najlepszej technologii wykonania — trzeba się liczyć z tym, że z biegiem czasu wokół krawędzi elektrod sterujących wytworzą się szczeliny wypełnione gazami. Jeśli teraz napięcia panujące na warstwach izolacyjnych przekroczą napięcia powstawania wyładowań świetlących, to materiał izolacyjny będzie powoli niszczony. Przy dłuższym trwaniu tego zjawiska może nastąpić całkowite zniszczenie izolatora.

Badania wykonane przez „Micafil" wykazały, iż początek zjawiska świetlenia w powietrzu i oleju występuje



Rys. 2. Napięcie powstawania zjawiska świetlenia oraz iskier ślizgowych w podanym układzie (Kappeler)

1 — elektrody metalowe w powietrzu
2 — elektrody półprzewodzące w oleju
3 — elektrody metalowe i półprzewodzące w oleju
4 — napięcie początkowe iskier ślizgowych wg Toeplera

zgodnie z prawem Toeplera powstawania iskier ślizgowych tylko przy nieco innych współczynnikach. Rys. 2 przedstawia napięcie powstawania zjawiska świetlenia dla elektrod metalowych i półprzewodzących w powietrzu i oleju w funkcji grubości warstw izolacyjnych (krzywe *1*, *2* i *3*). Krzywa *4* podaje napięcie powstawania iskier ślizgowych w funkcji grubości warstwy izolacyjnej wg Toeplera.

Krzywe *1*, *2* i *3* zostały sporządzone w założeniu, że przez „napięcie powstawania zjawiska świetlenia" należy rozumieć napięcie, przy którym jonizacja wywołuje pierwsze uchwytne akustycznie wyładowania, wykrywane przy pomocy odpowiedniego wzmacniacza. Wyładowania te zmniejszają również przewodność powietrza do tego stopnia, iż współczynnik strat dielektrycznych, jak również pojemność pozorna układu wzrastają w sposób nagły.

Według Kappelera dla izolatorów przepustowych kondensatorowych napięcia początkowe wyładowań świetlących dadzą się obliczyć ze wzoru:

$$U_ś = k \cdot d^{0,45} \text{ kV} \tag{1}$$

gdzie d w cm, a współczynnik k ma wartości:

- 4,3 dla elektrod metalowych w powietrzu,
- 6,2 dla elektrod półprzewodzących w powietrzu,
- 15,2 dla elektrod metalowych i półprzewodzących w oleju,
- 39 dla elektrod metalowych i półprzewodzących w powietrzu i oleju wg prawa Toeplera.

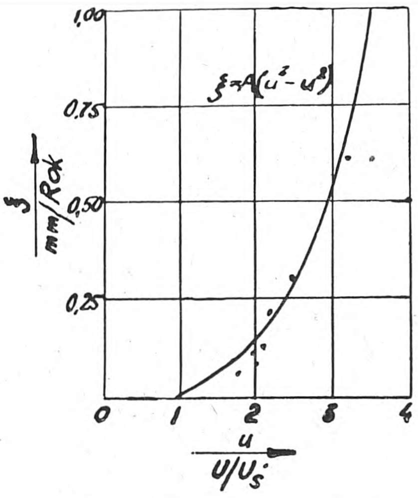
Z krzywych podanych na rys. 2 oraz ze wzoru (1) wynika, iż celem uniknięcia na krawędziach elektrod zjawiska świetlenia należy z jednej strony projektować możliwie cienkie warstwy izolacyjne, z drugiej zaś strony korzystnie jest stosować zamiast elektrod metalowych elektrody półprzewodzące. Dolna granica grubości warstw izolacyjnych narzucona jest przez możliwości fabrykacyjne oraz własności papieru i nie przekracza 1 mm.

Jak już powiedziano, zjawisko erozji powoduje uszkodzenia materiału izolacyjnego. Według Kappelera [3] głębokość uszkodzeń spowodowanych erozją jest proporcjonalna do strat czynnych na jednostkę długości świetlącej krawędzi. Głębokość tę dla układu z rys. 1 określić można ze wzoru:

$$\xi = A\,(u^3 - u^2) \quad \text{mm/rok}; \tag{2}$$

A jest stałą materiałową określoną na podstawie doświadczeń, a $u = \frac{U}{U_ś}$; U jest napięciem doprowadzonym do dielektryku; $U_ś$ — napięciem określonym ze wzoru (1).

Rys. 3 jest obrazem wykreślnym wzoru (2). Punktami oznaczono wyniki pomiarów laboratoryjnych, które potwierdzają słuszność wzoru (2). Jak z powyższego wynika,



Rys. 3. Głębokość uszkodzeń w papierze bakielizowanym, spowodowanych erozją, w funkcji doprowadzonego napięcia (Micafil)

możemy obliczyć trwałość przepustu, mając na uwadze niszczenie go wskutek erozji. Oczywiście, wymiary promieniowe przepustu, jak również liczba elektrod sterujących winny być tak dobrane, aby nie istniała możliwość przedwczesnego zniszczenia izolatora wskutek erozji. Odwrotnie, dla każdego izolatora przepustowego kondensatorowego istnieje pewne napięcie graniczne, poniżej którego starzenie się elektryczne jest niemożliwe.

c) Ustalenie osiowych i promieniowych wymiarów izolatora

Najkorzystniejszym rozkładem napięcia na powierzchni izolatora jest rozkład jednostajny. Okazuje się bowiem, że przepusty z jednostajnym osiowym rozkładem napięcia wymagają do budowy najmniejszej ilości materiału izolacyjnego, jak również wykazują największą wytrzymałość na przeskok. Teoretyczne rozważania, przeprowadzone przez Humburga [4] dla idealnego izolatora przepustowego kondensatorowego, pozwalają ustalić główne wymiary przepustu z jednostajnym osiowym rozkładem napięcia.

Jako idealny izolator rozumieć należy izolator, w którym spełnione są następujące warunki:

1) linie sił pola elektrycznego przebiegają całkowicie wewnątrz izolatora, 2) izolator zawiera nieskończoną liczbę elektrod sterujących, 3) zewnętrzna powierzchnia przepustu ograniczona jest krawędziami elektrod.

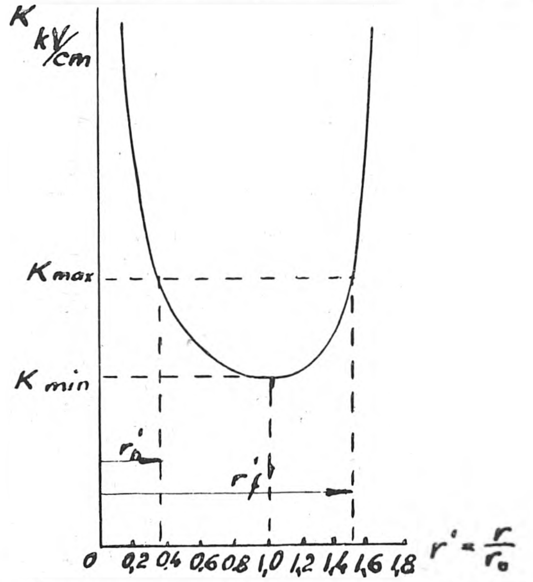
Dla takiego przepustu celem uzyskania jednostajnego osiowego rozkładu napięcia musi być spełniony warunek:

$$\frac{l}{l_0} = \sqrt{1 - 2\ln\frac{r}{r_0}}, \tag{3}$$

gdzie l i r są to długość i promień dowolnej elektrody,

a l_0 i r_0 odpowiadająca sobie para wartości na r i l, dla której promieniowy gradient napięcia osiąga minimum.

Rys. 4 przedstawia zależność promieniowego gradientu napięcia od r', gdzie r' jest ilorazem dowolnego promienia r przez promień r_0. Naprężenia promieniowe równe są nieskończoności dla $r = 0$ oraz $r \cong 1{,}65$. Analiza krzywej z rys. 4 wykazuje, iż istnieje możliwość osiągnięcia jed-



Rys. 4. Promieniowy gradient w funkcji r' (Humburg)

$r'_b = \frac{r}{r_b}$, gdzie r_b promień sworznia

$r'_f = \frac{r}{r_f}$, gdzie r_f promień okucia

nakowych naprężeń promieniowych materiału izolacyjnego w sąsiedztwie sworznia oraz okucia. Warunek ten zostanie spełniony, jeśli

(4) $$r'_b \cdot l'_b = l'_f \cdot r'_f.$$

Z przebiegu funkcji $K_r = f(r')$ wynika również, iż przez odpowiedni dobór wielkości na r'_b i r'_f możemy otrzymać prawie dowolny stopień nierównomierności naprężeń promieniowych $\frac{K_{rmax}}{K_{rmin}}$.

Humburg określa najdogodniejszy stopień nierównomierności naprężeń promieniowych, wychodząc z minimum materiału, potrzebnego do budowy przepustu na dane napięcie. Przy tym założeniu największy współczynnik wyzyskania materiału izolacyjnego, tj. najmniejszą objętość przepustu osiągnie się przy założeniu:

$$r'_b = 0{,}367, \quad l'_b = 1{,}734,$$

$$r'_f = 1{,}508, \quad l'_f = 0{,}421.$$

W tym przypadku współczynnik nierównomierności wynosić będzie 1,57.

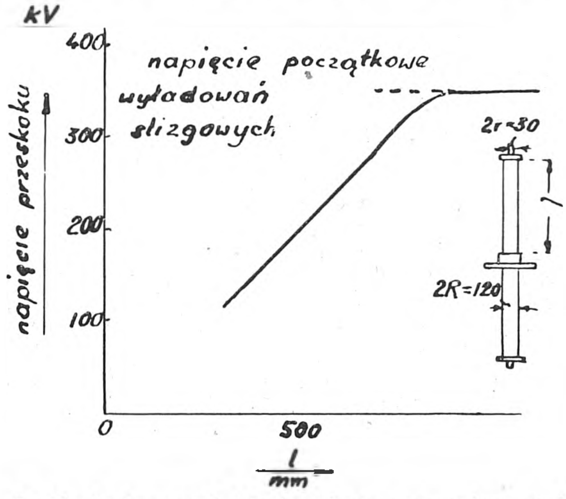
Powyższe rozważania przeprowadzone zostały w założeniu, iż wszystkie linie sił pola elektrycznego przebiegają wewnątrz przepustu. W rzeczywistości jednak istnieją pewne linie sił przebiegające na zewnątrz izolatora, które można nazwać liniami rozproszenia. Istnienie tych linii powoduje, że pomimo spełnienia warunku (4) warstwy izolacyjne w sąsiedztwie sworznia są silniej naprężane niż przy okuciu. Dla izolatorów transformatorowych Humburg wprowadza do wzoru (3) poprawkę uwzględniającą w przybliżeniu strumień rozproszenia. Wzór ten przybiera wtedy postać:

(5) $$1 - 2 \ln r' = l'^2 - 0{,}08\, l' (l' - 1)^2.$$

Uwzględnienie strumienia rozproszenia prowadzi do niewielkiego powiększenia wymiarów izolatora (współczynnik wyzyskania materiału izolacyjnego zwiększa się o $\sim$ 4%).

Wzory (3), (4) i (5) wyprowadzono w założeniu nieskończonej liczby elektrod sterujących. W rzeczywistości istnieje skończona liczba elektrod, skutkiem czego przebieg funkcji $K_r = f(r')$ nie będzie linią ciągłą, lecz krzywą schodkową. Znaczy to, iż promieniowy gradient napięcia zmienia się skokami przy przejściu przez elektrody. W praktycznych jednak obliczeniach, przy dostatecznie cienkich warstwach izolacyjnych, stosunek promieni sąsiednich elektrod jest bliski jedności, co powoduje, iż skok K_r przy przejściu przez elektrodę sterującą jest niewielki. Rachunek wykazuje ponadto, iż powiększenie się największego naprężenia promieniowego w stosunku do naprężenia, obliczonego ze wzorów na przepust idealny, wynosi w tym wypadku ok. 1%. Stąd wynika, że dla celów praktyki posługiwanie się wzorami (3), (4) i (5) jest wystarczające.

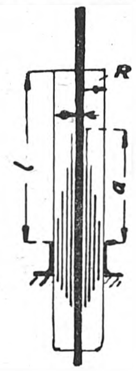
Z uwagi na koordynację izolacji napięcie przeskoku powinno być wyższe od napięcia probierczego 5-minutowego o 10—30%. Wydawałoby się więc, że przez odpowiedni dobór długości części napowietrznej izolatora będzie możli-



Rys. 5. Napięcie przeskoku izolatora przepustowego kondensatorowego (Micafil)

we spełnienie powyższego warunku. Okazuje się jednak, że w przypadku przepustu z jednostajnym osiowym rozkładem napięcia istnieje dla danych promieni sworznia i okucia pewne graniczne napięcie przeskoku, którego nie da się powiększyć drogą zwiększenia długości napowietrznej (rys. 5).

Przyczyną występowania tego zjawiska jest istnienie składowych natężenia pola elektrycznego stycznych do powierzchni zewnętrznej izolatora. Wartości tych składowych w przypadku izolatora z jednostajnym osiowym rozkładem napięcia są w przybliżeniu równe wzdłuż całej długości izolatora. Z chwilą zaś, kiedy przekroczą one wielkości naprę-



Rys. 6. Schematyczny przekrój izolatora przepustowego kondensatorowego

żeń dopuszczalnych do powietrza, zjawiają się wyładowania ślizgowe, które przy nieznacznym podwyższeniu napięcia prowadzą do przeskoku.

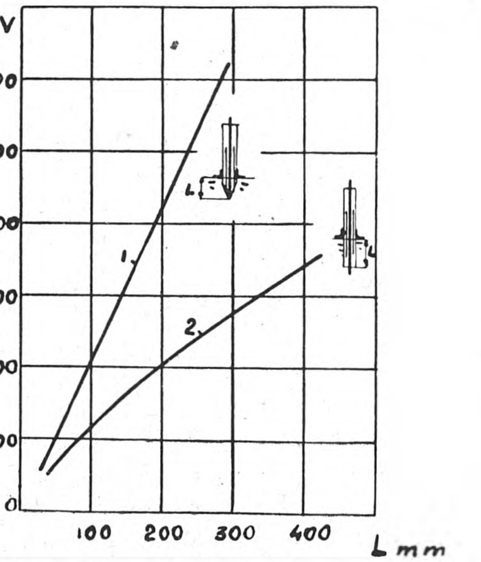
Kappeler [5] podaje wzór empiryczny, pozwalający określić z dużą dokładnością napięcie początkowe wyładowań ślizgowych dla przepustu, którego schemat podany jest na rys. 6:

(6) $$U_{\text{ośl}} = K \cdot R \left[\frac{1}{\varepsilon} \ln \left(\frac{R}{r} \right) + \ln \left(\frac{r + a}{R} \right) \right] \quad \text{w kV};$$

R, r oraz a są to wymiary w cm, jak podano na rys. 6. K jest to naprężenie krytyczne powietrza, które dla układu z rys. 6 zostało określone doświadczalnie i wynosi 12 kV/cm. Charakterystyczne jest, że do wzoru (6) nie wchodzi długość l przepustu. Analiza tego wzoru wykazuje, że przez

powiększanie w części napowietrznej długości elektrod sterujących a uzyskujemy nieznaczne powiększenie $U_{\text{ośl}}$. Natomiast decydujący wpływ na powiększenie napięcia przeskoku posiada zwiększanie zewnętrznego promienia R. Stąd wynika, że niemożliwe jest budowanie izolatorów przepustowych kondensatorowych na wysokie napięcia o małej średnicy zewnętrznej, jeśli nawet pozwalają na to własności izolacyjne materiałów stosowanych do budowy.

Dla izolatorów w których osiowy gradient napięcia nie jest stały, graniczne napięcie przeskoku będzie oczywiście niższe, niż w przypadku przepustu ze stałym promieniowym gradientem napięcia. Z tego też względu należy dążyć do tego, żeby rozkład napięcia na powierzchni izolatora był możliwie jednostajny. Można to uzyskać przez

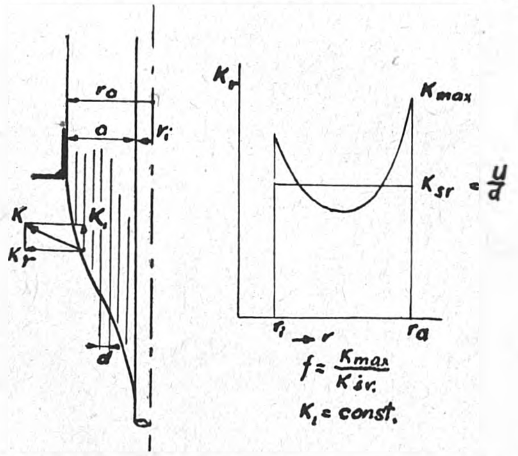


Rys. 7. Napięcie przeskoku przepustu kondensatorowego w funkcji długości części olejowej (Micafil)

właściwy rozkład elektrod sterujących. Jeśli np. przyjmiemy jednakowe odległości pomiędzy krawędziami elektrod, to odpowiadające im promienie można obliczyć ze wzoru (5).

Zachowanie się części olejowej izolatora w stosunku do napięcia przeskoku jest podobne, jak części napowietrznej, z tą różnicą, że we wzorze (6) należy przyjąć inną wartość na K.

Niekiedy względy konstrukcyjne transformatorów wymagają, żeby część olejowa izolatora była możliwie najkrót-



Rys. 8. Przekrój części olejowej przepustu kondensatorowego z obtoczoną częścią olejową

sza. Okazuje się, że znaczne skrócenie części olejowej można uzyskać przez obtoczenie części olejowej izolatora aż do krawędzi elektrod sterujących, pod warunkiem stosowania elektrod półprzewodzących. Układ taki wykazuje w czystym oleju wysoką wytrzymałość podłużną. Elektrody półprzewodzące otrzymywane są drogą specjalnego procesu fabrykacyjnego. Rys. 7 ilustruje nam wpływ obtoczenia części olejowej przepustu na napięcie przeskoku.

Rozważając przekrój podłużny przepustu kondensatorowego z obtoczoną częścią olejową (rys. 8), w którym gradient napięcia osiowy jest stały, można stwierdzić, że napięcie początkowe wyładowań ślizgowych jest zależne od promieniowego gradientu napięcia K_r. Dla dowolnej warstwy d promieniowy gradient napięcia będzie w tym przypadku równy

$$K_r = \frac{U_{\text{ś}}}{d} = \frac{k_4 \cdot d^{0,45}}{d} = \frac{k_4}{d^{0,55}} \quad \text{(kV/cm)}, \tag{7}$$

gdzie k_4 — współczynnik z równ. (1),
d — w cm.

Przy projektowaniu izolatora na jednostajny osiowy rozkład napięcia otrzymujemy nieregularny rozkład naprężeń promieniowych (rys. 4). Nieregularność ta jest tym większa, im większy jest stosunek zewnętrznego promienia przepustu do promienia sworznia. Jeżeli więc żądamy, aby przy podnoszeniu napięcia zjawisko wyładowań ślizgowych wystąpiło jednocześnie na wszystkich warstwach, trzeba żeby na najcieńszej warstwie wystąpił największy promieniowy gradient napięcia.

Oznaczając przez f stopień nieregularności naprężeń promieniowych równy $\frac{K_{max}}{K_{\text{śr}}}$ (rys. 8) oraz przez d_{min} najmniejszą możliwą do uzyskania grubość warstwy izolacyjnej, napięcie powstawania iskier ślizgowych dla całego izolatora o grubości $a = r_f - r_b$ wynosić będzie:

$$U_{\text{ośl}} = K_{\text{śr}} \cdot a = \frac{K_{max}}{f} \cdot a. \tag{8}$$

Z równania (7) wynika:

$$K_{max} = \frac{k_4}{d_{min}^{0,55}}, \text{ co po wstawieniu do równ. (8) daje:}$$

$$U_{\text{ośl}} = k_4 \frac{a}{f\, d_{min}^{0,55}} \quad \text{(kV)} \quad (a \text{ i } d \text{ w cm}). \tag{9}$$

Jeżeli przyjąć, że zjawienie się iskier ślizgowych prowadzi przy niewielkim podwyższeniu napięcia do przeskoku, to zależność (9) podaje dla określonego napięcia przeskoku najmniejszą grubość izolacji. Jak wynika ze wzorów (7), (8) i (9), największe napięcie przeskoku w części olejowej przepustu określone jest przez promieniowy gradient napięcia, wywołujący powstanie iskier ślizgowych. Ponadto ze wzoru (9) wynika, że celem zwiększenia napięcia przeskoku należy przede wszystkim zwiększyć wymiar a, tj. grubość izolatora oraz ilość elektrod. Długość L części olejowej nie ma żadnego wpływu na napięcie przeskoku.

W ten sposób omówione zostały kryteria, którymi należy kierować się przy określaniu osiowych i promieniowych wymiarów izolatora przepustowego kondensatorowego, jak również liczby i grubości warstw izolacyjnych.

4. Obliczenia cieplne.

Zmienne pole elektryczne wywołuje w dielektrykach straty czynne. Wobec małej przewodności cieplnej materiałów izolacyjnych w ogóle, a więc i papieru bakelizowanego, straty te mogą wywołać wewnątrz dielektryku znaczne wzrosty temperatur, które w konsekwencji doprowadzą do cieplnego zniszczenia izolacji. Można przyjąć, że przy średnich naprężeniach rzędu 10 kV/cm w dielektryku prawie jednorodnym straty czynne rosną proporcjonalnie do kwadratu naprężeń:

$$P = C \cdot K^2 \quad \text{(watów)}, \tag{10}$$

gdzie C — stała, K — naprężenie w kV/cm.

Przy pewnej temperaturze t straty te na jednostkę objętości v wyniosą:

$$\frac{P}{v} = p_t K^2, \tag{11}$$

gdzie p_t wyraża się w $\frac{\text{W/cm}^3}{(\text{kV/cm})^2}$ i oznacza straty w 1 cm³ danego materiału izolacyjnego przy jednostkowym naprężeniu i temperaturze dielektryku t.

Znajomość tej wielkości p_t dla papieru bakelizowanego stosowanego do budowy przepustów kondensatorowych jest konieczna celem stwierdzenia, czy przy napięciu znamio-

nowym izolatora nie istnieje obawa „cieplnego" przebicia przepustu.

Wprawdzie w czasie pracy normalnej izolator pracuje przy napięciu fazowym, jednak w sieciach z izolowanym punktem zerowym przy uziemieniu jednej z faz izolator może pracować przy napięciu znamionowym przez kilka godzin.

Według Dreyfusa [6] mechanizm przebicia cieplnego polega na osiągnięciu przez dielektryk temperatury, przy której ulega on zniszczeniu. Wzrost tej temperatury do wartości niebezpiecznej następuje wówczas, gdy ciepło strat dielektrycznych wydzielające się w materiale izolacyjnym nie może być przekazane w całości otoczeniu. Jak więc z powyższego widać, dobry materiał izolacyjny powinien mieć stosunkowo dużą przewodność cieplną, mały współczynnik strat przestrzennych (tak nazywamy wielkość p) oraz mały wzrost tego współczynnika z temperaturą.

Współczynnik strat przestrzennych p_t określa się drogą pomiaru mostkiem Scheringa.

Celem ustalenia związku pomiędzy tgδ i p_t rozważmy kondensator płaski o przekroju F cm² i grubości d cm. Jeśli całkowite straty wydzielające się w tym kondensatorze przy napięciu U kV i częstotliwości f Hz wynoszą P watów, to prąd czynny I_w płynący przez dielektryk określony będzie wzorem:

$$(12)\quad I_w = \frac{P}{U} = \frac{p_t \cdot v \cdot K^2}{K \cdot d \cdot 10^3} = \frac{p_t \cdot F \cdot d \cdot K}{d} = p_t \cdot F \cdot K \cdot 10^{-3}.$$

Prąd pojemnościowy będzie

$$(13)\quad I_c = U\omega C = K \cdot d \cdot 2\pi \cdot f \cdot 0{,}0884 \cdot 10^{-9} \frac{F}{d} \cdot \varepsilon =$$

$$= 0{,}555 \cdot 10^{-9} \cdot \varepsilon \cdot f \cdot F \cdot K.$$

Ponieważ $\operatorname{tg}\delta = \frac{I_w}{I_c}$, otrzymujemy ze wzorów (12) i (13):

$$14)\quad p_t = \frac{\operatorname{tg}\delta \cdot \varepsilon \cdot f}{1{,}8} \cdot 10^{-6} \quad \mathrm{w} \frac{\mathrm{W/cm^3}}{(\mathrm{kV/cm})^2}.$$

Ze wzoru (14) wynika, że o wielkości strat wydzielających się w dielektryku przy danej częstotliwości decyduje iloczyn $\varepsilon \cdot \operatorname{tg}\delta$. Stąd wniosek, że porównywanie — z uwagi na stratność — materiałów o różnych stałych dielektrycznych tylko na podstawie tgδ może prowadzić do błędnych wniosków.

Pozostaje do omówienia wzrost stratności z temperaturą. Badania wykazują, że wielkość strat dielektrycznych znacznie się zmienia w przedziale temperatur najczęściej występujących w praktyce tj. od 0°C do 100°C. Ustalono z wystarczającą dla praktyki dokładnością zależność stratności od temperatury w granicach interesujących nas temperatur.

Zależność tę można przedstawić przy pomocy wzoru:

$$(15)\quad p_t = p_o\, e^{\sigma(t - t_o)} \quad \frac{\mathrm{W/cm^3}}{(\mathrm{kV/cm})^2}.$$

p_t określa tu straty w temperaturze t; p_o — straty w temp. t_o, w której są one najmniejsze; „e" jest podstawą logarytmów naturalnych, σ zaś pewnym współczynnikiem, określonym przez dwa pomiary przy możliwie znacznie różniących się temperaturach:

$$(16)\quad \sigma = \frac{\ln \frac{p_t}{p_o}}{t - t_o} = \frac{\ln \frac{(\varepsilon \cdot \operatorname{tg}\delta)_t}{(\varepsilon \cdot \operatorname{tg}\delta)_{to}}}{t - t_o}$$

Minimum strat występuje w granicach temperatur od 15° do 40°C. Znajomość zależności strat od temperatury pozwala — przy założeniu stałego promieniowego gradientu napięcia — na obliczenie granicznego napięcia izolatora, tj. napięcia, przy którym zostanie zachwiana równowaga między ciepłem wydzielanym w dielektryku a ciepłem oddawanym otoczeniu. Według Roth'a [7] napięcie to wynosi:

$$(17)\quad U_{sk} = 1{,}42\, m \sqrt{\frac{\lambda}{p_t \cdot \sigma}} \quad \mathrm{kV}$$

przy odpływie ciepła tylko w kierunku promieniowym lub

$$(18)\quad U_{sk} = 1{,}6\, m \sqrt{\frac{\lambda}{p_t \cdot \sigma}} \quad \mathrm{kV},$$

jeśli ciepło odpływa również w kierunku osiowym.

Współczynnik m jest tu funkcją stosunku promieni przepustu — wewnętrznego r_o i zewnętrznego r_n — i podany jest w tabl. I;

Tablica I. Zależność $m = \mathrm{f}\left(\frac{r_o}{r_n}\right)$

$\frac{r_o}{r_n}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
m	1	0,92	0,86	0,82	0,79	0,75	0,73

λ oznacza przewodność cieplną materiału w W. cm/cm².°C; p_t — współczynnik strat przestrzennych w temperaturze określony ze wzoru (14); σ — wykładnik zależności strat od temperatury, określony ze wzoru (16).

Przy określaniu napięcia krytycznego dla przepustów transformatorowych należy przyjąć największą temperaturę otoczenia równą 90°C.

Wzory (17) i (18) nie uwzględniają ciepła wydzielającego się w sworzniu od prądu roboczego transformatora. Gęstość prądu w sworzniu izolatorów transformatorowych jest mała, skutkiem czego przy obliczaniu napięcia krytycznego ciepło wydzielające się w sworzniu można pominąć.

Inaczej natomiast jest w izolatorach kondensatorowych przeznaczonych do przekładników prądowych. Tam gęstość prądu może dochodzić do 2 A/mm² i uwzględnienie dodatkowego ciepła wydzielającego się w miedzi jest konieczne. Obliczanie cieplne należy wykonywać, jak w przypadku kabla jednożyłowego z tą różnicą, że w przepustach trzeba wziąć pod uwagę osiowy odpływ ciepła. Ze wzorów (17) i (18) oraz zależności $m = f\left(\frac{r_o}{r_n}\right)$ wynika, że napięcie krytyczne przepustów w niewielkim stopniu zależy od jego wymiarów geometrycznych. Aby je podwyższyć, należy przede wszystkim dążyć do poprawienia własności papieru bakielizowanego. Przez zastosowanie odpowiedniego papieru, dobrych gatunków żywic oraz właściwego procesu polimeryzacji można uzyskać znaczne zmniejszenie się stratności przy podwyższonych temperaturach, co decydująco wpływa na wzrost napięcia krytycznego.

Zwiększanie przewodności cieplnej materiału izolacyjnego jest trudniejsze do osiągnięcia i związane jest ze zwiększeniem jego stratności. Dokonane w Zakładzie Wysokich Napięć GIElu pomiary stratności papieru bakielizowanego wykazały, iż przy 90°C $p_t = 14{,}3 \cdot 10^{-6}$ W/cm³/(kV/cm)²; wykładnik zaś zależności strat od temperatury $\sigma = 0{,}0356$°C.

Przyjmując dla powyższych materiałów $\lambda = 0{,}0016$ W cm/cm² . °C, napięcie krytyczne wg wzorów (17) i (18) będzie wynosić w pierwszym przypadku 70 kV, w drugim zaś 78 kV przy założeniu $\frac{r_o}{r_n} = 0{,}2$. Oznacza to, że przy zastosowaniu powyższego papieru bakielizowanego jest możliwa budowa izolatorów przepustowych do 60 kV, w sieciach zaś z uziemionym punktem zerowym do 110 kV. Celem podwyższenia tych napięć należałoby poszukiwać papierów i żywic lepszych niż dotychczas stosowane.

Baczną uwagę należy również zwracać na proces polimeryzacji, który w znacznym stopniu wpływa na jakość produkowanych przepustów.

Do obliczeń cieplnych można zaliczyć również sprawdzenie, czy przy prądzie przepływającym przez sworzeń izolatora podczas normalnej pracy nie istnieje obawa niebezpiecznego podwyższenia się temperatury okucia przepustu wskutek prądów wirowych i histerezy.

Podsumowawszy wszystko, co napisano na temat obliczania izolatorów kondensatorowych, można stwierdzić, że zagadnienia cieplne w izolatorach do 110 kV należy uznać za rozwiązane. Przy określaniu napięcia krytycznego izolatorów na wyższe napięcia nie można już stosować wzorów (17) i (18). W tym przypadku mamy do czynienia ze znaczną nierównomiernością naprężeń promieniowych i przy określaniu temperatur wewnątrz izolatora należy uwzględnić rozkład przestrzenny i czasowy temperatur, w dowolnym bowiem punkcie izolatora zmiana temperatury t z czasem zależy nie tylko od jej zmiany wzdłuż promienia w tym punkcie, ale również od ilości ciepła q

wytworzonego w tym punkcie. Rozwiązywanie ogólnego równania przewodnictwa napotyka w tym przypadku trudności, gdyż straty właściwe zmieniają się nie tylko z temperaturą t, ale również z lokalnym gradientem pola K.

Podstawowym obliczeniem jest obliczenie na erozję. Obliczenia przepustów produkowanych za granicą przed wojną wykazują, że nie uwzględniano wtedy zjawiska erozji, skutkiem czego izolatory te podlegały niszczącym działaniom wyładowań świetlących na krawędziach elektrod, co zostało stwierdzone przez autora. Przy określaniu osiowych wymiarów przepustu należy mieć na uwadze, że decydujący wpływ na napięcie przeskoku w części napowietrznej ma średnica izolatora. Przez odpowiedni jej dobór można znacznie zmniejszyć osiowe wymiary izolatora. Obtoczenie części olejowej oraz zastosowanie elektrod półprzewodzących eliminuje niedogodność, polegającą na małej wytrzymałości papieru bakielizowanego wzdłuż warstw, dając tym samym możność skrócenia także części olejowej. I tak np. najmniejsza długość części olejowej przepustu na 110 kV wynosi zaledwie 25 cm. Należy więc rozpocząć pracę, zmierzające do otrzymania odpowiednich materiałów półprzewodzących. Obliczenia promieniowych gradientów napięć nie nastręczają trudności, określenie zaś dopuszczalnych ich wartości z uwagi na przebieg krzywej K_0 w funkcji czasu (rys. 1) nie jest istotne.

5. Cel i zakres badań laboratoryjnych.

W sprawie badania izolatorów przepustowych kondensatorowych należy przede wszystkim ustalić rodzaj i zakres badań, które powinno się wykonywać w laboratorium na gotowych przepustach celem stwierdzenia ich własności i przydatności do eksploatacji. Potrzebne są takie badania, których wyniki pozwolą ocenić konstrukcję przepustu, materiał izolacyjny użyty do budowy oraz technologię wykonania.

Badania powinny więc objąć:

1) próbę napięciową napięciem o częstotliwości technicznej,
2) próbę udarową,
3) pomiar kąta stratności w temperaturze pokojowej,
4) badanie na jonizację wewnątrz izolatora,
5) próbę stateczności dielektrycznej.

Rodzaj i zakres tych badań pozwala już na ocenę jakości przepustu. W szczególności próba stateczności dielektrycznej, — podczas której badany izolator znajduje się w warunkach najbardziej zbliżonych do warunków pracy, daje nam obraz przyszłego zachowania się przepustu w eksploatacji.

6. Próba napięciowa.

Próba napięciowa ma na celu sprawdzenie, czy izolator został właściwie zaprojektowany oraz czy nie ma zasadniczych błędów fabrykacyjnych. Jako napięcie probiercze o częstotliwości przemysłowej przyjmuje się napięcie obliczone ze wzoru:

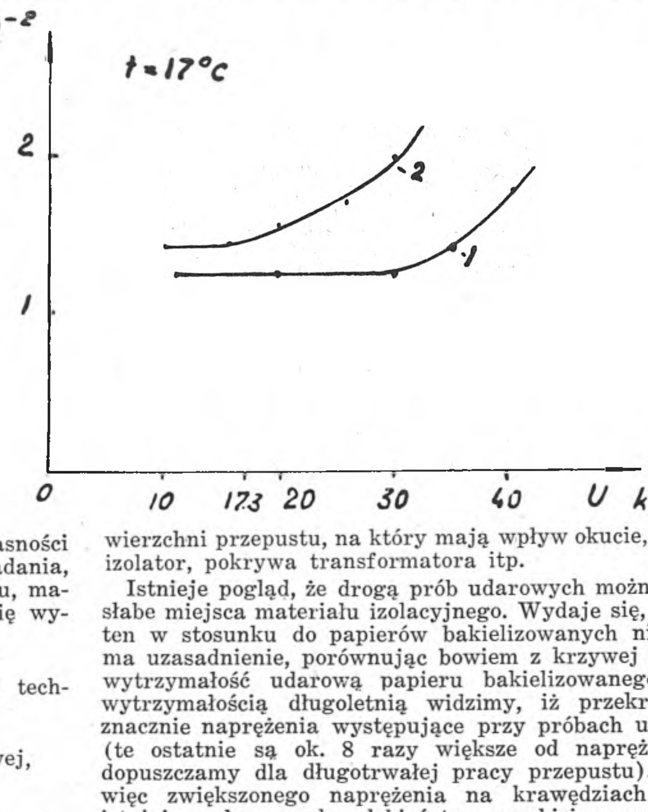
$$U_p = (2{,}2U_n + 20) \text{ kV}.$$

Przy tym napięciu nie powinny nastąpić ani przeskok, ani przebicie izolatora.

W sprawie czasu trwania próby napięciowej istnieje pogląd, że dla materiałów organicznych próba ta powinna trwać 5 minut. Można być jednak zdania, że powiększanie czasu z 1 min. do 5 min. nie jest konieczne. Wprawdzie w dobrze wykonanym przepuście przy napięciu probierczym nie zjawiają się wyładowania na zewnętrznej powierzchni izolatora, które — jak wiadomo — niszczą izolację organiczną, jednak przy tym napięciu zawsze występuje jonizacja wewnątrz przepustu — na krawędziach elektrod, która przyśpiesza proces starzenia się izolatora. Zdaniem autora próba 1-minutowa całkowicie wystarcza do stwierdzenia, czy napięcie przeskoku jest wyższe od napięcia probierczego oraz czy nie ma zasadniczych błędów fabrykacyjnych. Co do możliwości przebicia cieplnego w czasie próby 5-minutowej należy zaznaczyć, że — jak wynika z krzywej na rys. 1 — nie ma jej przy napięciu probierczym, jeżeli izolator jest tak zaprojektowany, że przy napięciu roboczym naprężenia materiału izolacyjnego leżą poniżej asymptoty K_0. Niezależnie jednak od wyboru czasu trwania próby napięciowej próbę tę należy wykonać jako pierwszą i traktować ją jako podstawową.

7. Próba udarowa.

Próba udarowa — podobnie jak próba napięciowa — ma na celu sprawdzenie zaprojektowanych wymiarów przepustu, rozkładu ekranów oraz określenie udarowych napięć przeskoku. Przy wykonywaniu prób udarowych izolator winien być zmontowany w warunkach możliwie najbardziej zbliżonych do eksploatacyjnych. Na udarowe napięcie przeskoku wpływa bowiem decydująco rozkład napięcia na powierzchni przepustu, na który mają wpływ okucie, mocujące izolator, pokrywa transformatora itp.



Rys. 9. Przebieg kąta stratności w funkcji doprowadzonego napięcia dla 2 izolatorów przepustowych na 30 kV do przekładników prądowych

Istnieje pogląd, że drogą prób udarowych można wykryć słabe miejsca materiału izolacyjnego. Wydaje się, iż pogląd ten w stosunku do papierów bakielizowanych nie zawsze ma uzasadnienie, porównując bowiem z krzywej na rys. 1 wytrzymałość udarową papieru bakielizowanego z jego wytrzymałością długoletnią widzimy, iż przekracza ona znacznie naprężenia występujące przy próbach udarowych (te ostatnie są ok. 8 razy większe od naprężeń, które dopuszczamy dla długotrwałej pracy przepustu). Pomimo więc zwiększonego naprężenia na krawędziach elektrod istnieje małe prawdopodobieństwo przebicia warstw izolacyjnych przy próbach udarowych. Dlatego też jest słuszne traktowanie próby udarowej jako próby typu.

8. Pomiar kąta stratności w temperaturze pokojowej.

Pomiar kąta stratności w temperaturze pokojowej pozwala na określenie punktu jonizacji izolatora oraz zbadanie własności materiału izolacyjnego. Jak wiadomo, napięcie jonizacji powinno być wyższe od napięcia roboczego izolatora, jeżeli przez napięcie pracy rozumieć napięcie fazowe sieci, w której ma pracować izolator. W dobrze wykonanych przepustach napięcie jonizacji nowego izolatora jest nawet nieco wyższe od napięcia znamionowego. Np. firmy zagraniczne (Haefely) gwarantują, iż napięcie jonizacji jest o 10% wyższe od napięcia znamionowego izolatora.

Rys. 9 przedstawia przebieg zależności kąta stratności ($tg\delta$) w funkcji doprowadzonego napięcia według pomia-

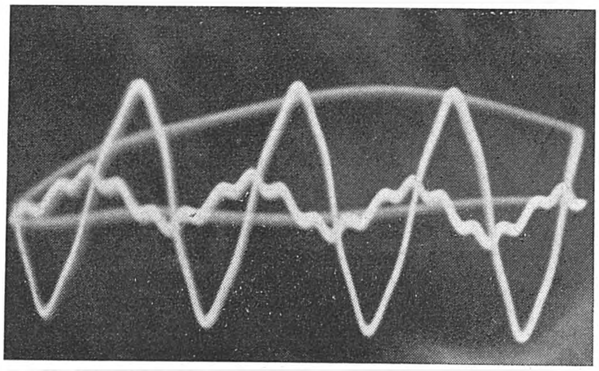
rów w Z. W. W. dla 2 izolatorów na 30 kV do przekładników prądowych. Dla izolatora *1* jonizacja występuje przy napięciu znamionowym. Krzywa *2* sporządzona dla drugiego izolatora wykazuje istnienie jonizacji przy napięciu niższym niż $\frac{30}{\sqrt{3}} = 17{,}3$ kV, choć liczba i rozkład ekranów zostały tak zaprojektowane, żeby przy napięciu fazowym nie wystąpiły świetlenia na krawędziach elektrod. Świadczy to więc, że wewnątrz przepustu w warstwach izolacyjnych istnieją wypełnione powietrzem szczeliny powstałe wskutek złej fabrykacji.

Pomiar kąta stratności pozwala również na zbadanie materiału izolacyjnego użytego do budowy oraz określenie wielkości strat występujących w izolatorze. Dla dobrych papierów bakielizowanych $tg\delta$ przy naprężeniu rzędu 20 kV/cm nie przekracza 0,015 w temperaturze pokojowej. Wzrost $tg\delta$ z temperaturą powinien być niewielki. I tak np. firma Haefely gwarantuje, że dla przepustów przez nią produkowanych $tg\delta$ przy 90° nie przekracza 0,05.

Do pomiarów kąta stratności jest używany powszechnie mostek Scheringa*).

Przy pomiarach należy się starać, aby pojemności względem ziemi przewodów, łączących mostek z obiektem badanym oraz kondensatorem, były możliwie najmniejsze. Ostatnio buduje się mostki posiadające podwójne od siebie izolowane ekrany. Jeden z nich — zewnętrzny — jest uziemiony, drugi zaś — wewnętrzny — znajduje się na potencjale przyrządu zerowego. Do ustalenia potencjału ekranu wewnętrznego służy dodatkowe urządzenie. Mostki z podwójnym ekranem wykonywane są np. przez szwajcarską firmę Trüb-Teuber.

Przy pomiarach $tg\delta$ mostkiem Scheringa źródłem błędów może być również niesinusoidalność krzywej napięcia probierczego. Rys. 12 przedstawia oscylogram przebiegu napięcia probierczego doprowadzonego do izolatora przepustowego na 30 kV (krzywa o wyższej amplitudzie) oraz prądu pozornego płynącego przez izolator. Jak widać z oscylogramu, przebieg prądu jest znacznie odkształcony, co jest spowodowane zawartością harmonicznych w krzywej napięcia. Izolator wskutek swego charakteru pojemnościowego stanowi filtr dla wyższych częstotliwości, stąd więc mamy znaczniejsze odkształcenie krzywej prądu. Wprawdzie mostek jest kompensowany na podstawową harmoniczną, jednak przy określaniu napięcia probier-



Rys. 12. Oscylogram przebiegu napięcia probierczego oraz prądu pozornego płynącego przez izolator

czego powstają błędy. Jeśli bowiem napięcie probiercze ustalamy przy pomocy iskiernika, który — jak wiadomo — określa wartość szczytową, to napięcie skuteczne może być niższe niż dla napięcia sinusoidalnego o tej samej wartości największej. Stąd też mierzone wartości $tg\delta$ przy krzywej odkształconej mogą wypaść niższe niż przy napięciu sinu-

*) Ideowy schemat mostka przedstawiony jest na rys. 10. C_x oznacza obiekt badany, którego oporność pozorną można przedstawić w postaci zespolonej $Z_1 e^{j\alpha_1}$; C_2 stanowi kondensator wysokiego napięcia bez strat; R_3 i R_4 są to oporniki regulowane, C_4 oznacza kondensator mikowy o zmiennej pojemności. Jako przyrząd zerowy P może być użyty galwanometr wibracyjny lub inny dostatecznie czuły przyrząd.

Jeżeli mostek jest w równowadze, to mamy zależność $\hat{Z}_1 \cdot \hat{Z}_4 = \hat{Z}_2 \cdot \hat{Z}_3$ lub

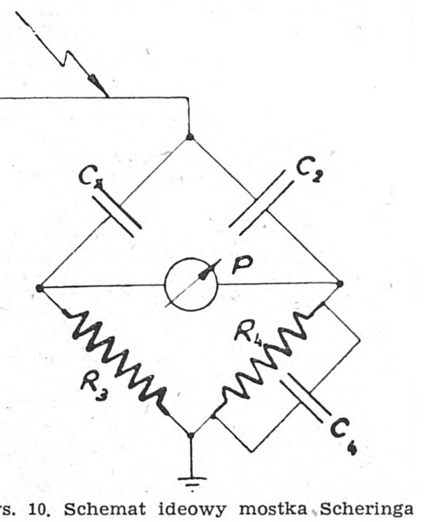
19) $$Z_1 \cdot e^{j\alpha_1} \cdot Z_4 \cdot e^{j\alpha_4} = Z_2 e^{j\alpha_2} \cdot Z_3 \cdot e^{j\alpha_3}.$$

Stąd $Z_1 \cdot Z_4 = Z_2 \cdot Z_3$ oraz $\alpha_1 + \alpha_4 = \alpha_2 + \alpha_3$. Ponieważ $\alpha_1 = 90^0 - \delta$, $\alpha_2 = 90^0$ i $\alpha_3 = 0$, więc $\delta = \alpha_4$ i

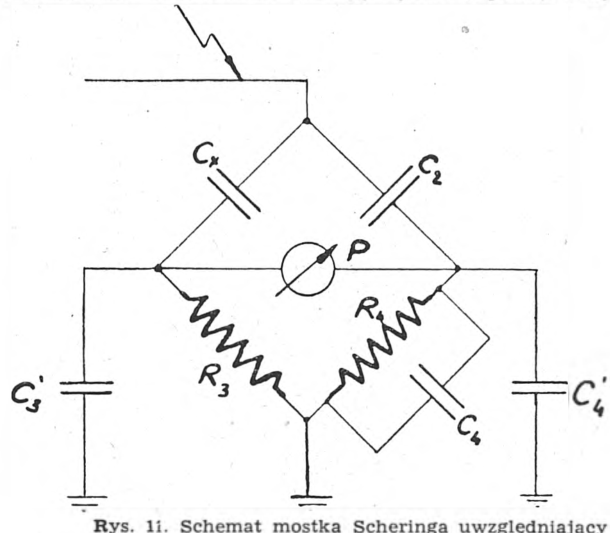
(20) $$tg\delta = tg\alpha_4,$$

gdzie δ jest kątem między wektorami oporności czynnej i pozornej badanego obiektu; tangens tego kąta jest równy $\omega R_4 C_4$.

Celem uniknięcia szkodliwych sprzężeń pojemnościowych część mostka znajdująca się pod niskim napięciem i przewody, łączące mostek z obiektem oraz kondensatorem wysokiego napięcia, są ekranowane. Ekranowania te mogą się stać w pewnych wypadkach



Rys. 10. Schemat ideowy mostka Scheringa



Rys. 11. Schemat mostka Scheringa uwzględniający pojemności ekranów

źródłem znacznych błędów. Na rys. 11 przedstawiony jest schemat mostka, w którym uwzględniono pojemność ekranowanych przewodów doprowadzających. Pojemności te przedstawiono jako skupione i włączone między punkty równych potencjałów mostka a ziemię. W równowadze mamy zależność:

$$\alpha_1 + \alpha_4 = \alpha_2 + \alpha_3 \text{ czyli } 90^0 - \delta + \alpha_4 = 90^0 + \alpha_3. \text{ Stąd } \delta = \alpha_4 - \alpha_3 \text{ i}$$

(21) $$tg\delta = \frac{tg\alpha_1 - tg\alpha_3}{1 + tg\alpha_4 \cdot tg\alpha_3} = \frac{R_4 \cdot (C_4 + C'_4)\omega - R_3 C'_3 \omega}{1 + \omega^2 R_4 \cdot R_3 (C_4 + C'_4) \cdot C'_3}.$$

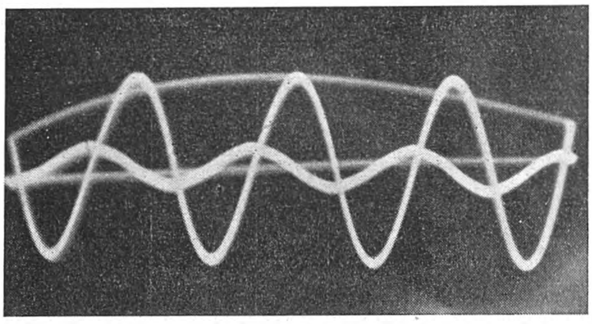
Ponieważ $\omega^2 R_4 R_3 (C_4 + C'_4) \cdot C'_3 \ll 1$, więc

(22) $$tg\delta \simeq R_4 (C_4 + C'_4) \cdot \omega - R_3 \cdot C'_3 \cdot \omega = \omega R_4 \left(C_4 + C'_4 - C'_3 \frac{R_3}{R_4}\right).$$

Analiza równ. (22) wykazuje, że przy istnieniu pojemności ekranów zmierzony na mostku kąt stratności jest równy rzeczywistemu, jeżeli $C'_3 = C'_4$ oraz $R_3 = R_4$, co oznacza, iż pojemność obiektu badanego jest b. bliska pojemności kondensatora wysokiego napięcia. Poza tym wzór wskazuje, w jaki sposób — znając pojemności ekranów — można uwzględnić wpływ ich przy określeniu $tg\delta$.

soidalnym. Celem uzyskania sinusoidalnej krzywej napięcia można przyłączyć równolegle do obiektu badanego kondensator o pojemności rzędu tysięcy pF.

Na rys. 13 przedstawiony jest kształt krzywej napięcia i prądu izolatora na 30 kV, gdzie drogą równoległego przyłączenia kondensatora o pojemności 2500 pF uzyskano

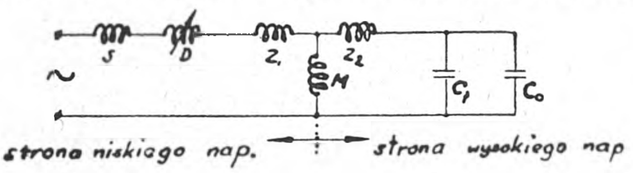


Rys. 13. Przebieg napięcia probierczego i prądu płynącego przez izolator przy równolegle przyłączonym kondensatorze o pojemności 2500 pF

sinusoidalny przebieg napięcia i prądu. Wadą tego sposobu jest niemożliwość stosowania go — ze względu na kondensator oraz moc transformatora — do wyższych napięć.

Celem uzyskania sinusoidalnego przebiegu dla wyższych napięć stosowany jest układ resonansowy przedstawiony na rys. 14.

Przez włączenie regulowanego dławika ze szczeliną w szereg z dolnym uzwojeniem transformatora probierczego, przy odpowiednim doborze indukcyjności dławika, można otrzymać obwód rezonansowy dla podstawowej harmonicznej. Jak wynika z rysunku, obwód ten składa się



Rys. 14. Układ rezonansowy pozwalający na uzyskanie sinusoidalnego przebiegu napięcia

- S — indukcyjność rozproszenia źródła napięcia
- D — dławik regulowany
- Z_1 Z_2 — indukcyjność rozproszenia transformatora probierczego
- M — indukcyjność biegu luzem transformatora
- C_0 — pojemność obiektu badanego
- C_t — pojemność transformatora probierczego

z szeregowo połączonych indukcyjności rozproszenia źródła napięcia, dławika i transformatora probierczego oraz pojemności obiektu badanego i transformatora probierczego. Dobierając odpowiednią wartość L uzyskujemy w tym obwodzie rezonans napięciowy dla częstotliwości sinusoidy podstawowej, osiągając w ten sposób nieodkształconą krzywą napięcia probierczego.

Przy pomiarach tg δ przepustów transformatorowych, w których dolna część zanurzona jest w oleju, na wynik ma wpływ stan zanieczyszczenia oleju. Zaobserwowano, że przy zanieczyszczonym oleju mierzone kąty stratności są mniejsze niż przy zanurzeniu izolatora w czystym oleju. Dokonane przez Beldiego [8] pomiary tg δ izolatora przepustowego kondensatorowego na napięcie 87 kV wykazały w czystym oleju tg δ = 0,039, w oleju zaś zanieczyszczonym tg δ = 0,029.

Jak z powyższego widać wyniki pomiarów kąta stratności mogą być obarczone znacznymi błędami. Dlatego też pomiary tg δ mostkiem należą do najtrudniejszych, niewłaściwie zaś wykonany pomiar może prowadzić do błędnych wniosków.

9. Badanie na jonizację wewnątrz izolatora.

Pewnym dopełnieniem badań na mostku Scheringa, dotyczących określenia punktu jonizacji, jest wyznaczenie tego punktu drogą obserwacji na oscylografie prądu pozornego płynącego przez izolator. Z chwilą zjawienia się wewnątrz izolatora jonizacji powstają prądy dużej częstotliwości nakładające się na prąd podstawowy. Rys. 15a i 15b przedstawiają przebieg prądu pozornego izolatora na 30 kV przy napięciu $\frac{30}{\sqrt{3}} = 17{,}3$ kV (przebieg tg $\delta = f\,(U)$ podany jest na rys. 9, krzywa 2). W wypadku zastosowania czułego oscylografu metoda ta pozwala na dokładniejsze określenie punktu jonizacji.

Inną często stosowaną w fabrykach metodą określania jonizacji jest metoda polegająca na osłuchiwaniu izolatora. Do tego celu używana jest rura drewniana, wykonana z suchego twardego drzewa, zakończona słuchawką. Jest to więc rodzaj stetoskopu lekarskiego. Z chwilą wystąpienia wewnątrz przepustu jonizacji zjawiają się szmery słyszalne w stetoskopie. Niektóre firmy zagraniczne (Haefely) badają w ten sposób wszystkie izolatory przed ich hartowaniem, co pozwala na wyeliminowanie niewłaściwie sklejonych izolatorów.

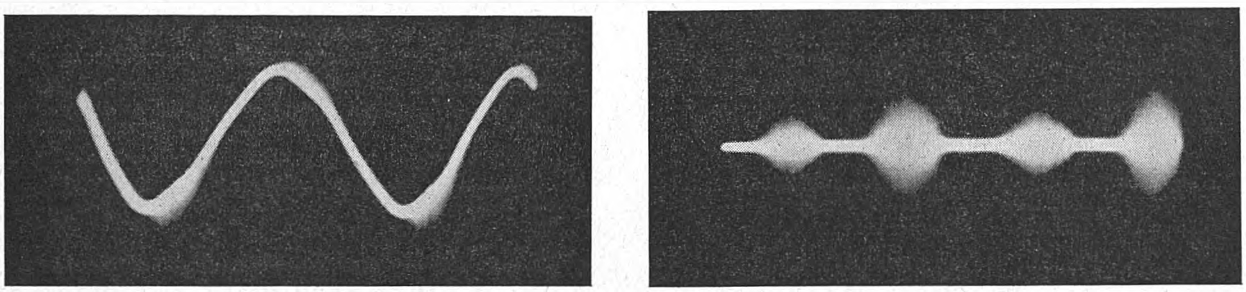
10. Próba stateczności dielektrycznej.

Próba stateczności dielektrycznej ma na celu zbadanie własności materiału izolacyjnego w warunkach pracy izolatora oraz stwierdzenie, czy napięcie robocze izolatora leży poniżej napięcia granicznego. Z tego względu izolator powinien znajdować się w warunkach eksploatacyjnych. W przypadku przepustów transformatorowych dolna jego część znajduje się w oleju o temp. 90°C. Do izolatora doprowadza się napięcie znamionowe podwyższone o 10%. Podwyżka napięcia uzasadniona jest tym, że niewiadomą jest rzeczą, w jakim punkcie sieci pracować będzie izolator. I tak np. na początku linii zasilających napięcia mogą być wyższe o 10% od napięcia znamionowego. W czasie podgrzewania oleju jak również po ustaleniu się jego temperatury wykonujemy pomiary tgδ. Z przebiegu krzywej tgδ w funkcji czasu trwania napięcia doprowadzonego można osądzić, czy następuje równowaga między ciepłem wydzielającym się w materiale izolacyjnym a ciepłem oddawanym otoczeniu.

Na rys. 16 pokazany jest wynik badań na stateczność, wykonanych w Z. W. N. na izolatorze 30-kilowoltowym do przełącznika zaczepów. Jak wynika z przebiegu tgδ, w izolatorze tym osiąga się stateczności. Jeżeli natomiast równowaga cieplna w izolatorze nie jest zachowana, kąt stratności — pomimo ustalenia się temperatury oleju — wzrasta w miarę działania napięcia doprowadzonego i po pewnym czasie następuje cieplne przebicie izolatora.

W przypadku izolatorów przepustowych do przekładników prądowych próba stateczności jest jak się wydaje

a



b

Rys. 15. Oscylogram prądu pozornego izolatora, wewnątrz którego występuje jonizacja

a) prąd pozorny z nałożonymi prądami wysokiej częstotliwości

b) te same prądy wys. częstotliwości po usunięciu sinusoidy podstawowej przy pomocy filtru

również konieczna. Wykonywać ją należy przy temperaturze otoczenia najwyżej 30°C, przy jednoczesnym przepuszczaniu przez sworzeń prądu znamionowego przekładnika. Ze względu na dużą gęstość prądu w sworzniu ciepło wydzielające się z miedzi jest znaczne, co może spowodować zachwianie się równowagi cieplnej.

Należy jeszcze wspomnieć o próbie na szczelność okucia izolatora. Próba ta dotyczy jedynie przepustów transformatorowych. Gorący olej znajduje się w kadzi transformatorowej pod pewnym ciśnieniem i wskutek wadliwego założenia okucia na izolator może się przedostawać na zewnątrz.

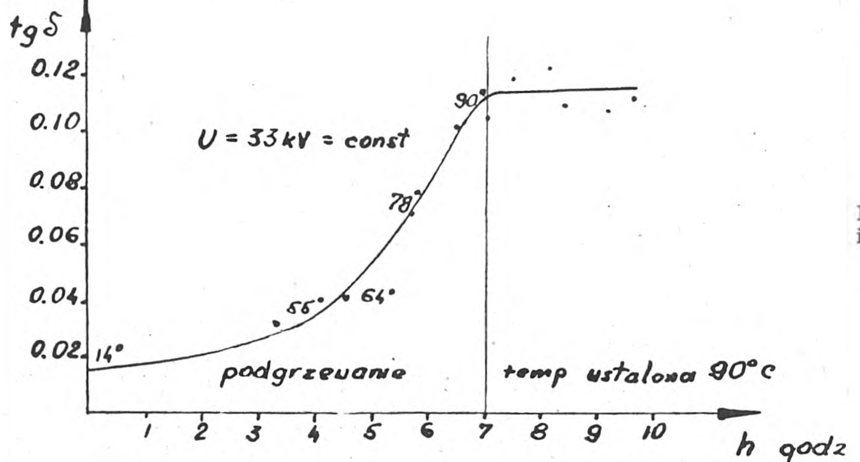
Normy czeskie ESČ 261 — 1946 na przepusty kondensatorowe przewidują dla przepustów transformatorowych próbę ciśnieniową, jako próbę wyrobu. Próba ta polega na zanurzeniu części olejowej przepustu do odpowietrzonego zbiornika z gorącym olejem (90°). Następnie podnosi się ciśnienie oleju do 1,1 atm. i utrzymuje się przez 15 minut. Wynik próby jest dodatni, jeżeli olej nie przedostaje się na napowietrzną część przepustu.

11. Zakończenie.

Omówiliśmy wyżej te najważniejsze próby laboratoryjne na przepustach kondensatorowych, których wyniki pozwalają na ocenę dobroci izolatora. Z podanych rozważań wynika, że do prób wyrobu należy zaliczyć próbę napięciową, pomiar kąta stratności w temperaturze pokojowej wraz z badaniem na jonizację oraz próbę na szczelność okucia. Próbę stateczności można pominąć, jeżeli jest całkowicie opanowana technologia wykonywania izolatorów; w przeciwnym przypadku próbę tę należy traktować jako próbę wyrobu.

Na próbę typu powinny się składać: 1) próba napięciowa napięciem wolnozmiennym, 2) próba udarowa, 3) pomiar kąta stratności w temperaturze otoczenia, 4) określenie punktu jonizacji, 5) próba stateczności dielektrycznej, 6) próba na szczelność okucia.

Kolejność prób powinna być następująca: próba napięciowa, pomiar tgδ, próba udarowa, próba napięciowa, pomiar tgδ, określenie punktu jonizacji, próba stateczności dielektrycznej, próba na szczelność okucia. Pomiar kąta stratności przed próbą i po próbie udarowej ma na celu wykrycie możliwego uszkodzenia, spowodowanego złym ekranowaniem i powstałego podczas prób udarowych. Sposób wykonania prób nie ujętych normami podano wyżej.



Rys. 16. Przebieg tgδ = f (*U*) dla izolatora kondensatorowego do przełącznika zaczepów

LITERATURA

[1] Draeger K. Keramische Mehrrohr-Durchführungen mit gesteuerter Spannungsverteilung (E. T. Z., 1931, zesz. 24, str. 769).
[2] Kappeler H. Isolateur de traversée en papier bakélisé pour très hautes tensions (Bull. S. E. V., 1949, z. 21, str. 807).
[3] Kappeler H. Progrès réalisés dans la construction des isolateurs de traversée à condensateurs (Revue Micafil, 1945).
[4] Humburg K. Die Berechnung von Kondensatordurchführungen (A. F. E., t. XII, 1923, str. 526).
[5] Kappeler H. Influence des électrodes avancées sur la formation des décharges rompantes (Revue Micafil, 1945).
[6] Dreyfus L. Mathematische Theorien für den Durchschlag fester Isoliermaterialien (Bull. S. E. V., 1924, zesz. 7).
[7] Roth A. Hochspannungstechnik (Springer Verlag, 1950).
[8] Beldi F. Eine Hochspannungsbrücke für Verlustmessungen an Isolierstoffen (Bull. S. E. V., 1930, zesz. 6).

INŻ. WŁADYSŁAW RUTKOWSKI
Instytut Metalurgii

Szczotki metalowo-grafitowe*)

Treść. Autor omawia własności tworzyw stosowanych do produkcji szczotek metalowo-grafitowych, podając ich skład chemiczny i ważniejsze cechy fizyczne. Mikrofotografie próbek szczotek wyrobu krajowego i zagranicznego dają porównanie struktury tych materiałów. Na marginesie autor wspomina o spiekach metalowo-grafitowych z małą zawartością grafitu, stosowanych do produkcji styków elektrycznych.

Металло-графитные щетки. Автор описывает свойства материалов, применяемых для производства металло-графитных щеток, и указывает их химический состав и важнейшие физические особенности. Примерные микрофотографические снимки щеток иностранного производства и местных фабрик позволяют сравнить строение этих материалов. Попутно автор упоминает о металло-графитных сплавах с малым содержанием графита, применяемых для изготовления электрических контактов.

Compound metal and graphite brushes. The author deals with the properties of materials used in the manufacture of compound metal and graphite brushes, quoting chemical analyses and major physical properties. Microphotographs of foreign-made brushes and of brushes made by Polish factories provide a comparison of the structural details of these materials. The author also refers to fused metal and graphite brushes with small graphite content used in the production of electric contacts.

Istnieją cztery rodzaje szczotek do maszyn elektrycznych, mianowicie szczotki węglowe, grafitowe, elektro-grafitowe i metalowo-grafitowe. Każda z tych grup zawiera szereg gatunków, różniących się przede wszystkim opornością.

Szczotki miedziano-grafitowe posiadają najmniejszą oporność: 6 do 800 $\mu\Omega/cm^3$ (oporność szczotek węglowych wynosi od 2 000 do 20 000 $\mu\Omega/cm^3$). Stosowane są do silników asynchronicznych, maszyn prądu stałego niskiego napięcia od 4 do 110 V, starterów i prądnic samochodowych oraz do innych maszyn prądu zmiennego z pierścieniami (prądnice, przetwornice synchroniczne).

*) Referat zgłoszony na Konferencję Materiałoznastwa Elektrycznego.

Szczotki miedziano-grafitowe mogą pracować zarówno na kolektorze, jak i na pierścieniach wykonanych z brązu, miedzi i stali.

Produkcją szczotek zajmowało się szereg firm zagranicznych: Morganite, Ringsdorff, Schunck und Ebbe, Siemens Plania, Lessing, Le Carbone, Lorraine. U nas w kraju szczotki były produkowane przed wojną na niewielką skalę; po wojnie produkcja prowadzona jest w 2 zakładach wytwórczych.

Tworzywa stykowe tego typu należą do najstarszych tworzyw stykowych, wytwarzanych metodą metalurgii proszków (miedź-grafit, brąz-grafit). Tworzywo szczotek otrzymuje się przez zmieszanie najdrobniejszego proszku miedzi z grafitem przy ewent. dodatku cyny, cynku i oło-

wiu, sprasowaniu tej mieszanki i spieczeniu prasówki w atmosferze redukcyjnej.

Jako atmosferę ochronną stosuje się tlenek węgla, mieszaninę tlenku węgla i azotu, gaz generatorowy lub wodny.

Tablica I. Własności fizyczne spieków metalowo-grafitowych (H. Stephan, Ringsdorf-Werke K. C.)

Rodzaj spieku	Brąz + mało grafitu	Brąz + dużo grafitu	Miedź + grafit
Wygląd	miedzi	miedziano-brązowy	grafitowy z wtrąceniami miedzi
Ciężar właściwy	5,0	3,5	2,5
Twardość H_B	38	32	15
Twardość skleroskopowa	10	20	15
Współczynnik rozszerzalności liniowej wzdłuż	$120 \cdot 10^{-7}$	$40 \cdot 10^{-7}$	$29 \cdot 10^{-7}$
w poprzek	$130 \cdot 10^{-7}$	$50 \cdot 10^{-7}$	$59 \cdot 10^{-7}$
Opór właściwy ($\mu\Omega$/cm³)	10	50	800
Wytrzymałość na zginanie (kg/mm²)	3	3,5	1

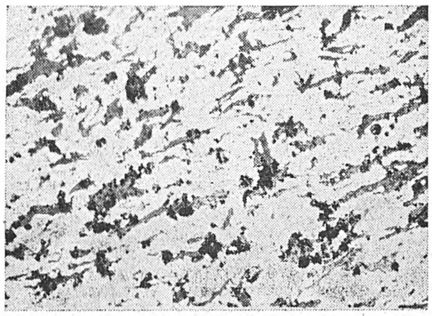
Często ochroni się prasówki przed utlenieniem w czasie spiekania przez umieszczenie ich w proszku grafitu. Przy mieszankach miedź-węgiel stosuje się temperaturę spiekania leżącą o 200° do 300° poniżej temperatury topnienia miedzi. W mieszankach, zawierających cynę, cynk lub ołów, występuje już w początkowej fazie spiekania faza płynna, powodująca dużą gęstość spieku, która np. w przy-

Tablica II. Skład chemiczny niektórych spieków grafitu z miedzią i brązem

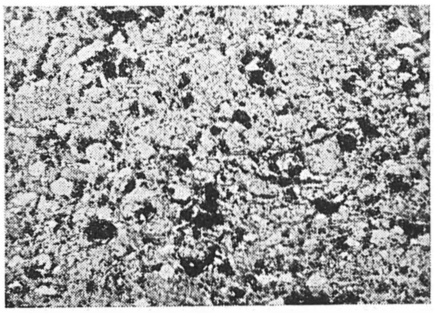
Nr	Cu %	C (grafit) %	Sn %	Pb %	Zn %
1	85	5	—	10	—
2	80	10	—	10	—
3	80	10	10	—	—
4	70	20	—	10	—
5	70	30	—	—	—
6	68	12	8	—	12
7	30	70	—	—	—

padku cyny dyfunduje do fazy stałej tworząc kryształy mieszane.

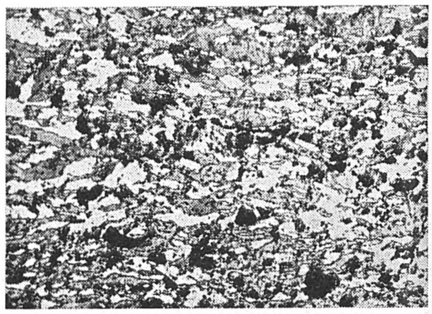
Jako środki poślizgowe, ułatwiające prasowanie na



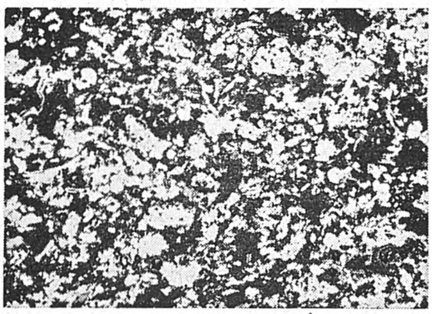
E 406



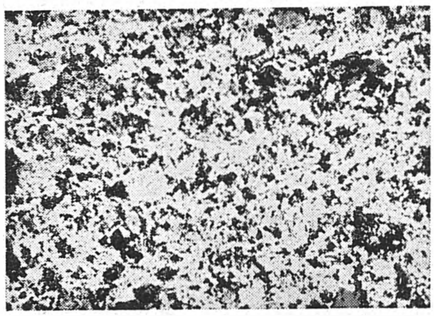
E 414



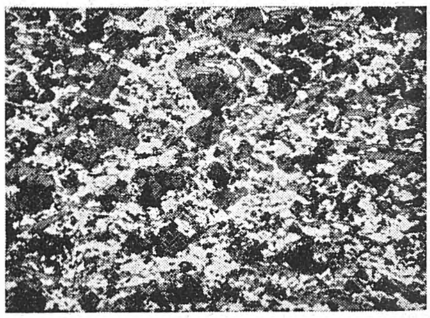
E 415



E 419

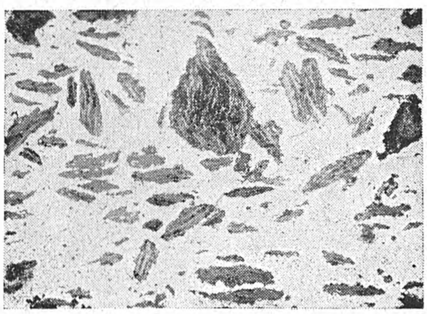


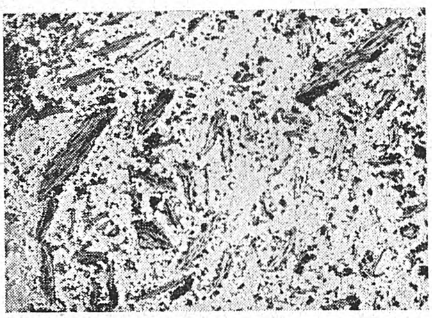
E 429

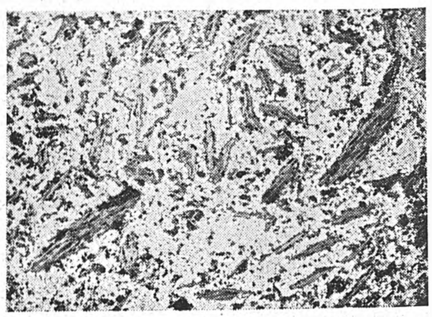


E 430

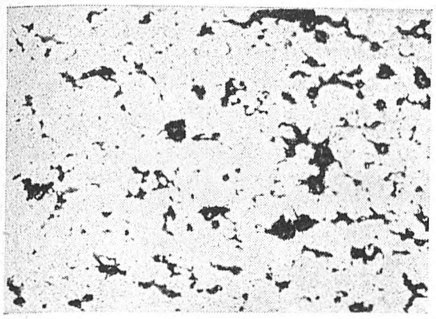
Rys. 1. Wytwórnia krajowa I



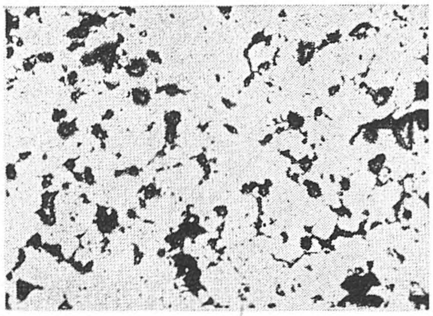




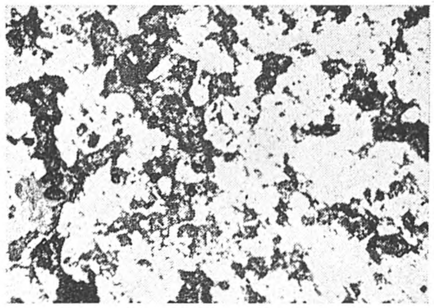
Rys. 2. Wytwórnia krajowa II



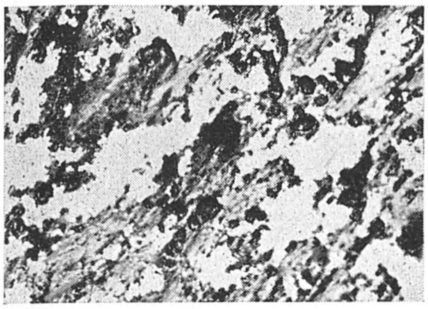
CM



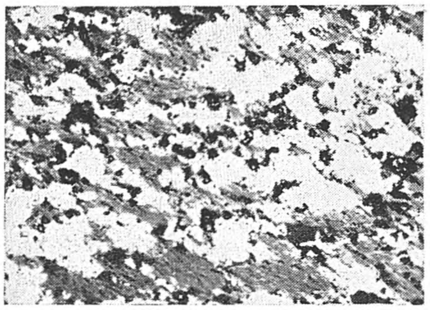
CM 1



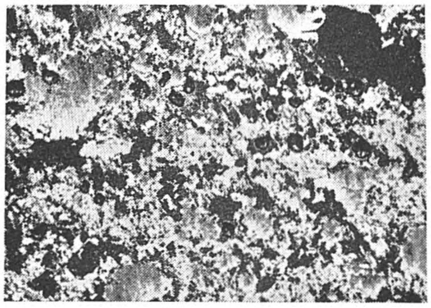
CM 2



CM 3

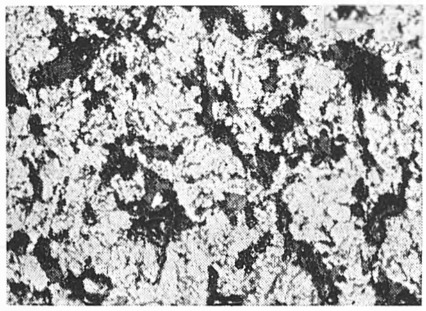


CM 5

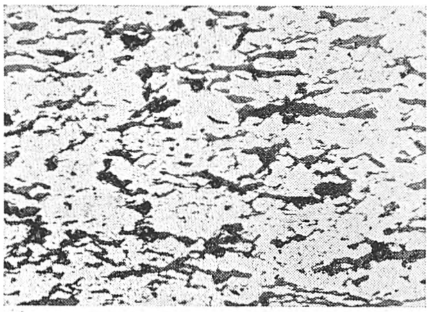


CM 5H

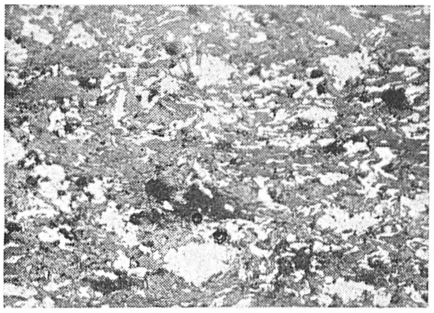
Rys. 3. Morganite



PM 15



PN 9



380

PM 43

Rys. 4. Lessing

zimno, stosuje się syntetyczne żywice, ter, oleje i węglowodory, które odparowują nie rozkładając się.

Skład tworzyw stykowych miedziano-węglowych waha się w zależności od wymaganej twardości, współczynnika tarcia i przewodności elektrycznej w granicach od 5—70% grafitu, od 0 do 10% cyny, od 0 do 12% cynku, od 0 do 10% ołowiu; resztę stanowi miedź.

Zmieniając skład tworzywa w granicach zaznaczonych wyżej, można stworzyć zawsze materiał odpowiadający danemu zastosowaniu. Tak np. można przez zwiększenie zawartości cynku czy cyny kosztem grafitu powiększyć twardość spieku, obniżając równocześnie jego przewodność elektryczną. Zwiększona zawartość grafitu i ołowiu zwiększa łatwość poślizgu szczotki.

Tworzywa miedziano-węglowe są nieco porowate, dlatego też stosuje się niekiedy ich natłuszczanie przy pomocy parafiny. Tablica I podaje własności fizyczne tworzyw metalowo-węglowych stosowanych w technice, a tablica II szereg charakterystycznych analiz chemicznych tego rodzaju spieków.

Z punktu widzenia metalurgicznego tworzywa metalowo-grafitowe są spieczonymi tworzywami kombinowanymi z metalu i metaloidu. Jest rzeczą jasną, że tego typu tworzyw nie da się osiągnąć na drodze wytopu, a to dlatego, że ani czysta miedź, ani stopy typu brązów nie wykazują prawie żadnej rozpuszczalności dla węgla, a próby wytworzenia emulsji grafitowej w kąpieli stopionego metalu nie doprowadziły do żadnych rezultatów.

Rys. 1—4 przedstawiają mikrostruktury badanych szczotek brązowo-grafitowych wykonane w powiększeniu 120-krotnym. Jasne pola, które w niektórych wypadkach — jak np. w szczotkach PN9, E406, CM czy CM1 — są zupełnie białe, w innych — jak PM15, CM5H lub E414 — jasno-szare, przedstawiają osnowę metaliczną (miedzianą lub brązową).

Grafit występuje na zdjęciach w postaci ciemno-szarych pasem lub skupisk, jak to wyraźnie widać na fotografiach 380, PN9 czy PM43. Ciemne plamki — prawie zupełnie czarne — na tych zdjęciach są porami, które zawsze w większej lub mniejszej ilości pozostają w spiekanym tworzy-

Tablica III. Szczotki Morganite

	Cu	C	Sn	Zn	Pb	Fe	Gęstość	Twardość
CM	87,99	6,48	4,34	ślady	0,08	0,08	6,9	28
CM1	88,14	6,28	4,29	„	0,017	0,017	7,45	18
CM2	89,03	9,06	ślady	„	0,017	0,017	6,42	10
CM3	77,43	22,26	„	„	ślady	ślady	4,76	12
CM5	75,32	22,59	„	nie zawiera	„	„	4,52	17
CM5H	75,30	23,13	„	ślady	„	„	4,78	18

wie lub powstały przez wykruszenie grafitu w czasie polerowania szlifu.

Szczotki większych wymiarów wycina się z płyt i doszlifowuje do wymiarów użytkowych, natomiast małe szczotki prasuje się od razu w gotowej formie i następnie spieka *).

Badane szczotki Morganite wykazały skład, twardość oraz gęstość podane w tabl. III.

Badane szczotki produkcji jednej z wytwórni krajowych wykazały cechy podane w tabl. IV. Twardość podano przy obciążeniu 7 kg kulką o średnicy 1,5 mm. Czas trwania obciążenia 30 sek.

Z porównania mikrostruktury szczotek Morganite oraz szczotek tej wytwórni krajowej widać wyraźną różnicę pomiędzy kształtem grafitu. Szczotki krajowe posiadają wyraźne podłużne płatki grafitu (E406, E415), co wskazuje na użycie naturalnego grafitu, natomiast w zbadanych szczotkach Morganite grafit posiada bardzo nieregularny kształt.

Zbadane 4 gatunki szczotek Lessinga w trzech wypadkach posiadają budowę zbliżoną do szczotek krajowych, w jednym tylko wypadku grafit posiada inny kształt.

Struktura szczotek produkowanych przez drugą wytwórnię krajową odbiega znacznie od struktur szczotek produkowanych przez inne wytwórnie; ziarnistość grafitu jest znacznie większa, ponadto w płatkach grafitu widoczne są jaśniejsze i ciemniejsze pasma. Przeprowadzona analiza grafitu, używanego przez tę wytwórnię wykazała 21% popiołu, gdy grafit używany przez pierwszą wytwórnię krajową wykazuje 2% popiołu.

Tablica IV. Szczotki polskiej produkcji

	Cu	C	Sn	Gęstość	Twardość
E406	82,36	9,25	0,24	5,73	35
E414	49,00	50,00	ślady	3,44	10
E415	61,12	34,50	nie badano	4,05	16
E419	59,07	38,40	„	3,68	11
E430	68,50	30,28	„	4,14	25

Jak wykazują badania i praktyka, szczotki brązowo-grafitowe produkowane w kraju nie stoją jeszcze na odpowiednim poziomie jakościowym. Co gorsze, ich własności elektryczne i mechaniczne nie są odpowiednio znormalizowane. Wydaje się przeto rzeczą konieczną ustalenie, czego należy od tych szczotek wymagać i jak je będziemy badać. Dalszym zadaniem będzie szczegółowe opracowanie procesów technologicznych przy produkcji szczotek i oparcie tej produkcji na surowcu krajowym.

*) W ostatnich czasach zapoczątkowano stosowanie na styki elektryczne spieków porowatych metalowo-grafitowych o niskiej zawartości grafitu, tj. takich, jakie stosuje się do samosmarujących łożysk. Skład takich porowatych brązów wykazuje około 75 do 90% Cu, 5 do 20% Sn, 0,5 do 2,0% grafitu. Istnieje możliwość nasycenia takich porowatych styków płynem (olejem) wyłącznikowym. Fabrykacja porowatych styków nie odbiega wiele od metody poprzednio opisanej. Pożądaną porowatość osiąga się, podobnie jak przy łożyskach porowatych, przez odpowiednio dobraną ziarnistość, ciśnienie, prasowanie i dodatki, które, odparowując w czasie spiekania, pozostawiają pory.

Obok tworzyw stykowych miedziano-grafitowych znane są też styki srebrno-grafitowe o zawartości grafitu poniżej 5%. Znalazły one specjalne zastosowanie w wyłącznikach. Sposób otrzymywania odpowiada najzupełniej metodzie stosowanej przy stykach miedziano-grafitowych.

INŻ. N. MAJCHERT-PLANETA
Inst. Chem.

Szczotki maszyn elektrycznych*)

Treść. Artykuł omawia dobór surowców do produkcji różnych gatunków materiałów szczotkowych (węglowe, grafitowe, metalowo-grafitowe) oraz analizuje wpływ poszczególnych składników na własności fizyczne szczotek i ich zachowanie się w pracy. Opisany jest również proces fabrykacji szczotek: przygotowanie surowców, formowanie, wypalanie, wykończanie. Podkreślając wady obecnie stosowanej metody produkcji szczotek metalowo-grafitowych, autorka nadmienia o próbach otrzymania szczotek tego rodzaju metodą galwaniczną.

Щетки для элекрических машин. Автор занимается вопросом подбора исходных материалов для производства щеточных материалов (угольных. графитных, металло-графитных) и анализирует влияние отдельных составных частей на физические свойства щеток и их службу в работе. Описан также ход производства щеток: приготовление исходных материалов, формовка, обжиг, отделка. Подчеркнув недостатки применяемого ныне способа производства металло-графитных щеток, автор упоминает о попытках получения этого рода щеток гальваническим методом.

Brushes for electrical machines. The author deals with the selection of raw materials for the production of brush materials (carbon, graphite and compound metal and graphite brushes). He also deals with the influence of the individual components on the physical properties of the brushes and their behaviour in work. He further describes the manufacturing process: preparation of raw materials, moulding, heat treatment and finish. Pointing to the deficiencies of the method used in the production of compound brushes, the author refers to experiments of producing such brushes by the galvanic method.

1. Uwagi ogólne.

Od jakości szczotki zależy w wybitnym stopniu właściwa praca maszyny. Niskogatunkowe lub nieodpowiednio dobrane szczotki mogą spowodować duże zaburzenia w pracy maszyny i szybko doprowadzić ją do ruiny.

Zadaniem szczotek jest odprowadzenie prądu z części wirującej lub doprowadzenie prądu z przewodów stałych do wirującej części maszyny.

Rozwój badań i wynikający z nich postęp w doborze surowca i metodach produkcji szczotek przyczyniły się w dużym stopniu do obecnego stanu techniki maszyn elektrycznych. Jednak stały rozwój techniki wysuwa również w dziedzinie szczotek wciąż nowe problemy. Przykładem tego może być np. lotnictwo, gdzie zjawił się problem odporności szczotek na wilgoć, specjalne warunki atmosferyczne, wysokie i niskie ciśnienie. Okazało się na przykład, że szczotka, dająca 1000 godz. pracy na poziomie morza, ulega zużyciu już po paru godzinach na wysokości ok. 10 000 m.

Neukirchen twierdzi, że wszędzie tam, gdzie atmosfera jest niekorzystna i wilgotna, np. w papierniach itp., szczotki z zasady pracują źle, przy czym procent wadliwie pracujących szczotek jest bardzo wysoki i wynosi 65—85%.

Według Brunta i Sawage'a pewna nieznaczna wilgotność atmosferyczna jest raczej korzystna. Badali oni wpływ pary wodnej na współczynnik tarcia i doszli do wniosku,

*) Zgłoszono jako referat na Konferencję Materiałoznawstwa Elektrycznego.

że przy ciśnieniu 3—5 mm słupa rtęci wpływ ten ujawnia się najsilniej. Przy ciśnieniach wyższych wpływ ten znika i nie zaobserwowano spadku tarcia. Badania były prowadzone nad szczotkami grafitowymi i na ich podstawie wyciągnięto wniosek, że wilgoć sprzyja przechodzeniu grafitu pod wpływem tarcia w postać płatków, co powiększa smarność.

Wymagania stawiane szczotkom są wysokie. Żąda się, aby miały dobrą przewodność, odpowiednią wytrzymałość, aby nie ścierały zbytnio kolektora, zużywały się jak najmniej, nie iskrzyły itd.

Spełnienie tych żądań nie jest łatwe. Naprzykład iskrzenie, będące wielką wadą szczotek, zależy nie tylko od surowców i produkcji, ale od szeregu innych czynników, jak stosowanie zbyt dużej gęstości prądu, zła obróbka, nierówny lub zbyt duży nacisk, nierównoległe ustawianie brzegów szczotki do wycinków kolektora, ustawienie szczotek nie w obojętnym obszarze, zbyt szerokie rozstawianie szczotek, zabrudzenie ich itd.

Oporność przejściowa między szczotką a kolektorem jest najmniejsza przy użyciu metalowych szczotek, charakteryzujących się najlepszą przewodnością. Z drugiej jednak strony ścieralność jest właśnie największa w przypadku tarcia metalu o metal. Ponieważ przy tym zawsze występuje większe lub mniejsze utlenianie się metalu, ścieralność wzrasta jeszcze bardziej.

Utlenianie miedzi następuje bardzo łatwo, zwłaszcza dlatego, że warunki pracy maszyny wybitnie temu sprzyjają. Podczas pracy maszyn pod szczotkę podchodzą coraz to nowe wycinki kolektora. W chwili, gdy szczotka styka się z dwu lub więcej wycinkami, w cewce połączonej z tymi wycinkami płynie prąd zwarcia, który może spowodować lokalne przegrzanie i objawić się w postaci iskry. W wysokiej temperaturze i w obecności tlenu z otaczającej atmosfery miedź kolektora zamienia się w tlenki, powodując ciemnienie jego powierzchni i spadek przewodności.

Obok tego występuje i inne zjawisko. W miejscu, gdzie prąd z kolektora przechodzi na szczotkę, jest ona anodą (+), a kolektor katodą (—). Ponieważ w otaczającej atmosferze zawsze znajduje się para wodna, kurz itp., więc warstewka wilgoci na kolektorze ulega elektrolizie, w której wyniku na szczotce wydziela się tlen, a na kolektorze wodór. Tlen działa szkodliwie na węgiel szczotki, zamieniając go na dwutlenek węgla, wskutek czego szczotka kruszeje. Dla szczotek przesuniętych o 180°, gdzie biegunowość jest odwrotna i szczotka jest katodą, tlen, wydzielając się na kolektorze (który jest anodą), utlenia jego powierzchnię; jednocześnie następuje elektrolityczne rozpuszczanie się miedzi kolektorowej i osadzanie jej na szczotce.

Do opisanych zjawisk dochodzą jeszcze okresowe eksplozje tlenu i wodoru, który w pewnym stężeniu daje mieszankę wybuchową. Dochodzą także uszkodzenia mechaniczne np. pod wpływem starych, brudnych lub nieodpowiednich szczotek. Szczotki zawierające dużo popiołu lub takie, których pewne cząsteczki utworzyły z miedzią kolektora twarde węgliki miedzi, rysują bardzo silnie. W rysach tych akumuluje się pył ze startych powierzchni i wilgoć, a wyżej omówione procesy pogłębiają się coraz bardziej. Można więc powiedzieć, że kolektor i szczotka niszczą się chemicznie, elektrochemicznie i mechanicznie przez ścieranie.

Z badań przeprowadzonych nad ścieralnością wynika, że z czynników chemicznych największe i decydujące znaczenie mają kurz, wilgoć i tlen. Suchy azot i wodór (99% czystości) nie wykazują wpływu nawet przy ciśnieniu 1 atmosfery.

Z czynników fizycznych najważniejszą rolę odgrywa: nacisk na szczotkę, kąt jej ustawienia, prędkość obwodowa maszyny i współczynnik tarcia materiału. Ścieralność związana jest też z twardością szczotki, będącą funkcją procesu wyrobu, a pośrednio funkcją użytych surowców.

Duży wpływ na ścieralność wykazuje grafit. Niski współczynnik tarcia i małe zużycie szczotek grafitowych w normalnych warunkach pracy dowodzą, że grafit działa nie tylko jako smar, lecz prawdopodobnie wchłania powstałe pod wpływem atmosfery na powierzchni kolektora związki chemiczne i wilgoć. Dlatego odpowiednia struktura grafitu jest sprawą bardzo ważną. Aby zapewnić dobry przepływ prądu i trwałość szczotki i kolektora trzeba dbać o to, żeby szczotka miała dobry styk, była czysta i mało ścieralna. Zupełny brak ścieralności byłby jednak szkodliwy. Konieczne jest bowiem stałe, lekkie usuwanie utlenionej warstewki, niejako stałe czyszczenie kolektora.

Pewne typy szczotek mają wybitną tendencję do „kopcenia", zapewniając mimo to dobrą przewodność i wykazując dobry styk z powierzchnią kolektora. Istnieją zwolennicy nasycania szczotek olejem, który wyciskając powietrze spod powierzchni szczotki zapewnia dobry styk, a jednocześnie jego cząsteczki zwęglające się pod wpływem wysokiej temperatury przy tarciu, zwiększają smarność. Przeciwnicy tej metody twierdzą, że olej działa niekorzystnie i więcej przynosi szkody niż pożytku, i polecają stosować krzemian etylu. Może on być dodany do szczotki w formie lepiszcza podczas wyrobu lub użyty jako syciwo do wyrobów gotowych. Inne ciekawe nowości w tej dziedzinie — to propozycje używania pewnych wosków, związków organicznych, żywic syntetycznych fenoloformaldehydowych, fenolofurfurolowych, winylowych itp.

Właściwie dotychczas nie udało się ustalić ilościowego wpływu prędkości obwodowej na ścieralność. Zauważono jednak, że przy maszynach wolnobieżnych ścieralność jest największa, przy prędkościach normalnych (1000 m/min.) osiąga wartość średnią, a przy maszynach szybkobieżnych — występuje już polerowanie.

Często obserwuje się, że przy szczotkach z twardego węgla kolektor jest błyszczący mimo iskrzenia, natomiast szczotki elektrografitowe dają raczej ciemnienie powierzchni, a mimo to pracują doskonale.

2. Rodzaje szczotek i ich zastosowanie.

Ponieważ istnieje dużo typów maszyn elektrycznych, a każdy z nich wymaga specjalnych szczotek, więc jest ich wiele rodzajów. Posiadają one swoje charakterystyki określone przez próby laboratoryjne (tabl. I).

Tablica I. Charakterystyki szczotek (wg Arndta)

	Oporność właściwa ($\Omega mm^2/m$)	Twardość (°Shore)	Wytrzymałość (kg/cm^2)	Dopuszczalna gęstość prądu (A/cm^2)	Prędkość obwodowa (m/sek.)
Twarda węglowa	50—70	50—70	340—450	4— 7	15
Półtwarda wzgl. elektro-grafitowa	30—40	30—45	225—330	7	20
Węglowo-grafitowa	25—40	25—60	210—320	12	50
Naturalna-grafitowa	15—30	7—15	45—170	16—20	50
Metalowo-grafitowa	0,1— 4	5—26	300—360	17—29	25—35

Charakterystyki te nie klasyfikują szczotek w stopniu dostatecznym i często nawet dobry fachowiec nie jest w stanie, bez specjalnych badań zadecydować o wyborze typu odpowiedniego dla danej maszyny. Dlatego problem szczotek jest ciągle otwarty i jest równie trudny, jak ważny.

Z punktu widzenia twardości (mierzonej skleroskopem) można by podzielić szczotki na następujące rodzaje:

bardzo miękkie	o twardości	0—15
miękkie	„	16—30
średnie	„	31—45
twarde	„	46—60
bardzo twarde	„	61 i wyżej.

Z punktu widzenia użytego surowca należałoby je podzielić na szczotki węglowe, metalowo-węglowe i metalowe.

Do szczotek węglowych zaliczamy również szczotki węglowo-grafitowe i elektrografitowe. Składają się one z bezpostaciowego węgla i grafitu, najczęściej naturalnego, celem zwiększenia ich przewodności i smarności. Zależnie od doboru jakości i ilości surowców szczotki te mogą mieć różną twardość i ziarnistość. Ziarnistość zależy od stopnia zmielenia surowca i decyduje w znacznym stopniu o porowatości szczotki. Gruboziarniste są na ogół twarde

i stosuje się je prawie wyłącznie do maszyn o pierścieniach z twardego brązu.

Normalne szczotki węglowe należą do grupy średniej twardości i używane są do maszyn szybkobieżnych.

Szczotki węglowo-grafitowe zawierają różny procent grafitu naturalnego lub sztucznego, a ścieralność ich zależy od tej procentowości. Należą one do typu dość twardych. Odznaczają się małą odpornością mechaniczną, małym spadkiem napięcia i używane są przeważnie do maszyn średniej prędkości.

Szczotki z węgla częściowo zgrafitowanego podczas wypalania lepiszcza posiadają przeważnie twarde wtrącenia koksowe, które rysują kolektor. Posiadają one lepszą przewodność niż szczotki z twardego węgla, lecz gorszą niż węglowo-grafitowe i grafitowe, przy tym są od nich znacznie twardsze. Stosuje się je do maszyn o napięciu 110—220 woltów.

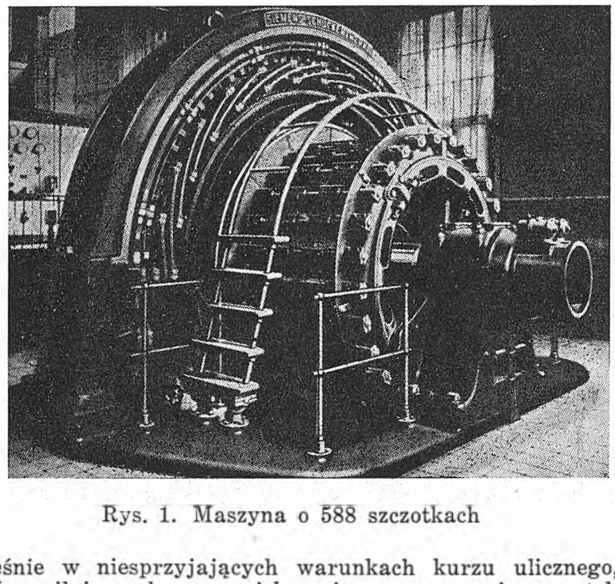
Najczęściej używane są szczotki elektrografitowe. Wyrabia się je z prasowanego koksu naftowego przez długotrwałe wypalanie w piecach elektrycznych w temperaturze 2000°. Szczotki te — zależnie od czasu i temperatury wypalania — są częściowo lub całkowicie zgrafitowane. Należą do typu twardych lub bardzo twardych i są bardzo odporne mechanicznie. Mają one dużą przewodność i wykazują czyszczące i polerujące działanie na kolektor. Wytrzymują one gęstość prądu do 9 A/cm² i stosowane są powszechnie do wszystkich typów maszyn o napięciu od 100 do 500 woltów. Nie używa się ich do generatorów niskowoltowych prądu stałego.

Maszyny pracujące w ciężkich warunkach, np. okresowo silnie obciążane, lub znajdujące się w atmosferze silnie gryzącej (fabryki chemiczne, papiernie itp.) wymagają szczotek o silnie czyszczących własnościach kolektora. Szczotki takie wyrabia się z grafitu naturalnego. Należą one do typu szczotek wysokoporowych. Ten typ stosowany jest też do nowoczesnych silników uniwersalnych.

Ciężkie maszyny młyńskie najlepiej pracują na szczotkach z elektrografitu o własnościach polerujących, można jednak stosować do nich i szczotki węglowo-grafitowe.

Do turbogeneratorów używa się przeważnie szczotek z grafitu naturalnego. Przy typach dużych o kolektorach szerokich i wielkiej średnicy stosuje się szczotki z naturalnego grafitu lub elektrografitu, przy czym lepsze wyniki osiąga się przy użyciu dużej liczby małych szczotek niż przy małej liczbie dużych.

Rys. 1 przedstawia maszynę na 13 000 A, 385 V, posiadającą 588 szczotek. Silniki trakcyjne — pracujące pod dużym obciążeniem i przy dużych prędkościach, a jednocześnie w niesprzyjających warunkach kurzu ulicznego, który silnie wpływa na iskrzenie — wymagają szczotek węglowych o dużej twardości i małej ścieralności. Duża twardość jest konieczna, aby zapewnić mechaniczną wytrzymałość na ciśnienie, które jest stosunkowo duże: przeważnie 400 g/cm² (dochodzi do 700 g/cm²). Przy prawidłowej pracy zużycie takich szczotek nie powinno przekraczać 0,1 mm na 1000 km drogi pojazdu, a kolektor powinien dobrze pracować na przebiegu co najmniej 200 000 km.



Rys. 1. Maszyna o 588 szczotkach

Nowoczesne szybkobieżne przetwornice wymagają szczotek metalowo-grafitowych względnie elektrografitowych o własnościach czyszczących i polerujących.

Szczotki metalowo-grafitowe stosuje się w zasadzie wtedy, kiedy wymagany jest spadek napięcia mniejszy niż przy węglowych, a większy niż przy metalowych szczotkach. Wybór zależy od przewidywanej gęstości prądu. Dla szczotek węglowych dopuszczalna gęstość prądu wynosi 4—5 A/cm² i dochodzi do 8 A/cm², natomiast dla szczotek metalowo-grafitowych gęstość osiąga wartość 15—30, a nawet 55 A/cm².

Przewodność i dopuszczalna gęstość prądu zależne są od zawartości metalu w szczotce i są tym większe, im większy jest procent metalu; dlatego szczotki metalowo-grafitowe znoszą większe obciążenie niż węglowe i posiadają mały opór. Maszyny na duże prądy a małe napięcia wymagają szczotek o zawartości metalu od 65 do 85%.

3. Wyrób szczotek.

Właściwy proces produkcji szczotek zaczyna się od przygotowania surowców. Muszą być one bardzo ściśle zbadane celem ustalenia ich własności fizyczno-chemicznych. Należy pamiętać, że produkcja szczotek składa się z wielu procesów, w czasie których surowce ulegają głębokim przemianom; dlatego jakość i wartość gotowego produktu zależy od czynników trudnych do kontrolowania w czasie samego procesu.

Temperatura i czas rozdrobnienia i wypalania decydują o stopniu zgrafitowania, twardości, porowatości i tym podobnych cechach, bardzo istotnych dla gatunku szczotek.

Podstawowymi surowcami na szczotki węglowe, a częściowo i metalowo-węglowe są koksy (naftowy, retortowy, metalurgiczny, sadze i grafity) i lepiszcze, którym jest najczęściej smoła węglowa i żywice. Koksy bada się na procent węgla, substancji lotnych i palnych oraz popiołu. Grafity bada się szczególnie dokładnie na charakter popiołu, który w grafitach naturalnych może być krzemionkowy lub mikowy.

W grafitach sztucznych po kolorze popiołu można wnosić o stopniu grafityzacji. Popiół barwy brązowej wskazuje na zawartość żelaza i niską grafityzację, przy czym często zawiera on kryształy węglików krzemu bardzo niepożądane ze względu na ich dużą twardość.

Z badań tych określa się zasadę wstępnego przeprażania (kalcynowania) i grafityzację.

Lepiszcza ze smoły węglowej badane są na rozpuszczalność w benzenie, na popiół i na „wartość koksowania". Ta ostatnia wartość daje pojęcie o ilości węgla, której należy oczekiwać po skoksowaniu lepiszcza w procesie wypalania wyrobów. Dane laboratoryjne oceniają tę wielkość w przybliżeniu na 45%, może ona jednak niekiedy osiągnąć 60%, a nawet więcej, zależnie od metody koksowania.

Lepiszcze żywiczne badane jest na lepkość, procent rozpuszczalności, zawartość substancji stałych, temperaturę zwęglania i „wartość koksowania".

Surowce szczotek metalowych bada się na zawartość tlenków, popiołu, zanieczyszczeń obcych oraz stopień rozdrobnienia.

P r z y g o t o w a n i e s u r o w c ó w. W zasadzie koks jest materiałem gotowym do mielenia. Jednakże uważa się go za materiał surowy i przeważnie poddaje przeprażeniu, aby uchronić się przed nadmiernym kurczeniem gotowych wyrobów prasowanych.

Przeprażanie prowadzi się w retortach pionowych ogrzewanych gazem lub węglem. Stosuje się też piece prażalne obrotowe, elektryczne, zwłaszcza przy przygotowywaniu surowca do wyrobu elektrod i anod do elektrolizy.

Surowiec posuwa się zwykle w przeciwprądzie do kierunku ciepła. Stopień prażenia określa się temperaturą i czasem wyprażania.

Zwykły koks jest przeważnie częściowo zgrafitowany. Elektrografit jest zgrafitowany całkowicie. Mielenie surowców trwa aż do otrzymania odpowiedniej wielkości ziarn, odpowiadającej przeważnie 78 oczkom na cm² czyli 0,074 mm.

Do pewnych celów pożądany jest grafit o strukturze płatkowej, którą uzyskuje się przez zastosowanie odpo-

wiednich typów młyna. Najczęściej używane młyny pracują na zasadzie siły odśrodkowej (jak wirówki), stosuje się jednak także młyny walcowe o walcach pionowych. Powietrzne separatory przenoszą zmielony materiał systemem cyklonowym przez odpowiednie sita do właściwych zbiorników; cząstki grube wracają do młyna.

Wartość gotowego produktu ocenia się tzw. analizą sitową, polegającą na ustaleniu wielkości ziarna. Zwykle właściwe sita o pożądanej liczbie oczek są już od razu umieszczone na maszynie do przesiewania.

Otrzymany produkt bada się na „gęstość". Wartość ta daje pojęcie o ogólnej powierzchni proszku koksowego. Od niej zależy ilość lepiszcza, którą trzeba wprowadzić, aby zapewnić całkowite otulenie cząsteczek węgla. Jest to sprawa bardzo ważna, gdyż należy unikać nadmiaru lepiszcza i brać go tylko tyle, ile potrzeba.

Gotowe surowce — węgiel, grafit i lepiszcze — odważa się w odpowiednim stosunku i umieszcza w specjalnych mieszalnikach, posiadających najczęściej płaszcz parowy. Grafit wprowadza się niekiedy w postaci emulsji. Lepiszcze dodaje się uprzednio ogrzane.

Wymieszaną jednorodną masę przepuszcza się przez odpowiednie maszyny (jak do makaronu) lub przez gumowe walce (aby nie kruszyć nadmiernie ziarn) i przekazuje do formowania.

Niekiedy stosuje się metodę wprowadzenia lepiszcza w rozpuszczalniku (np. benzenie); wtedy należy go odpędzić po wymieszaniu. Mieszalniki używane przy tej metodzie muszą posiadać odpowiednie urządzenie wyciągowe, zabezpieczające przed pożarem i otruciem.

Le Carbone stosuje jako lepiszcze roztwór żelatyny z formaldehydem.

Mieszanki na szczotki metalowe i metalowo-grafitowe przygotowuje się w sposób podobny. Do rozdrabniania używa się przeważnie młynów kulowych, które pewną ilość ziarn rozwalcowują na płatki. Choć w ten sposób ulega zniszczeniu pierwotna struktura ziarnek metali, postać płatkowa jest pożądana, gdyż daje wyroby mniej porowate. Stosuje się też młyny walcowe i wolnobieżne. Aby uchronić miedź od utleniania podczas mielenia, stosuje się kwas stearynowy lub szpik. Substancje te chronią proszek miedziowy również w czasie dalszych operacji (formowanie) i dopiero przy cieplnej obróbce ulegają zwęgleniu. Stosuje się naturalne grafity w najlepszych gatunkach, jak cejloński, Sonowa (Meksyk), lub sztuczne — Achesona.

W mieszankach na szczotki metalowo-grafitowe unika się stosowania proszku czystej miedzi ze względu na zbyt silne rysowanie kolektora. Stosuje się przeważnie mieszaniny proszków różnych metali, jak cynk, ołów, cyna itp. Np. patent szwedzki poleca mieszankę następującą: 6 kg grafitu, 28 kg proszku miedziowego, 1 kg stopu miedzi z berylem (stop zawiera 2,4% berylu). Inne stopy zawierają 87—89% miedzi, 7—9% aluminium, 2,5—3,5% żelaza i 0,5% cyny.

Szczotki brązowo-grafitowe powinny mieć przeciętnie po 10% cyny, cynku i ołowiu.

Sam proszek miedziowy przygotowuje się metodą chemiczną lub elektrochemiczną. Metoda chemiczna polega na redukcji tlenków miedzi i usunięciu innych zanieczyszczeń. Stopień zredukowania i rozmiary cząsteczek miedzi decydują o twardości proszku miedziowego, a więc i ścieralności szczotek. Sposób ten nie daje proszku o dużej czystości.

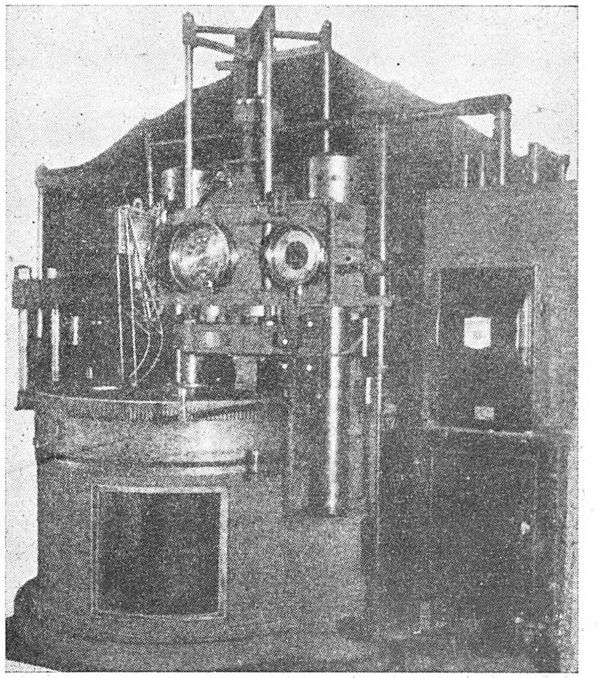
Metoda elektrochemiczna pozwala otrzymać miedź w proszku za pomocą elektrolizy roztworu siarczanu miedziowego. Wymiary cząsteczek zależą od stężenia elektrolitu, temperatury i stosowanej gęstości prądu oraz od sposobu zdejmowania proszku z elektrod. Najczęściej proszek miedzi jest zdrapywany specjalnym obrotowym zdzierakiem w czasie elektrolizy.

Proszek elektrolitycznego srebra otrzymuje się metodą podobną. Jest stosowany w mieszance z grafitem do produkcji szczotek dla pewnych maszyn specjalnych typów, ze srebrnymi pierścieniami, używanych przeważnie w lotnictwie.

Istnieją także patenty, polecające cynować i miedziować galwanicznie ziarna węgla. Wtedy metale służą od razu jako lepiszcze przy gorącym formowaniu.

F o r m o w a n i e. Formowanie szczotek odbywa się metodą prasowania w specjalnych prasach, pracujących pod wysokim ciśnieniem (rys. 2). Prasy te formują duże płyty, które następnie tnie się ręcznie lub mechanicznie na odpowiednie kawałki, albo też prasują od razu odpowiednie kształtki o przekroju okrągłym lub prostokątnym.

Metodę wypychania stosuje się rzadziej, gdyż trudno jest określić granicę ciśnienia, przy którym nie nastąpi dodatkowe skruszenie materiału. Przy wyciskaniu masy



Rys. 2. Prasa do formowania szczotek

metalowo-grafitowej stwierdzono na przykład, że grafit układa się w pasma równoległe do kierunku wyciskania. W ten sposób otrzymuje się często wyroby o nieodpowiedniej strukturze i własnościach.

Niektóre typy szczotek „Morganite" wytwarzane są w ten sposób, że sprasowuje się na przemian ułożone płytki metalowe i grafitowe. Tak otrzymane szczotki należą do tzw. szczotek „kombinowanych" i zaletą ich jest to, że opór w kierunku poprzecznym jest 7 do 8 razy większy niż w kierunku podłużnym. Obniża to jakoby tendencję do iskrzenia.

Miękkie szczotki węglowe wymagają bardzo starannego formowania. Już podczas mieszania wytwarza się dużo pyłu, często więcej, niż może być związane z lepiszczem; przy tym aby otrzymać odpowiedni gatunek szczotek, zakłada się z góry ilość węgla, która powinna pozostać w postaci cząsteczek o rozmiarach oryginalnych i nie powinna ulec skruszeniu. Dlatego stopień zgniecenia proszku jest ściśle określony i dlatego formowanie ich może się odbywać tylko przez prasowanie.

Prasy stosuje się hydrauliczne lub mechaniczne — ręczne albo automatyczne. Ciśnienie skierowane jest z góry na dół i dzięki temu nadaje wyrobom jednakową gęstość. Jest to bardzo ważne zwłaszcza dla kształtów kwadratowych.

Szczotki o dużych wymiarach otrzymuje się przeważnie z bloków lub płyt. Wymiary szczotek są bardzo rozmaite, od 6 mm grubości do 250 i więcej.

Formowanie odbywa się najczęściej na zimno, jednak pewne rodzaje szczotek, wymagające ograniczonych ilości lepiszcza, muszą być prasowane na gorąco; wtedy czasami wprasowuje się od razu końcówki kabla, choć koszt takiego formowania jest wyższy. Sposób ten jest bezsprzecznie dużym postępem technicznym produkcji.

Mieszanki metalowo-grafitowe, zawierające żywice jako lepiszcze, po sformowaniu na gorąco, dają od razu produkt gotowy. Temperaturę formowania w tym wypadku tak

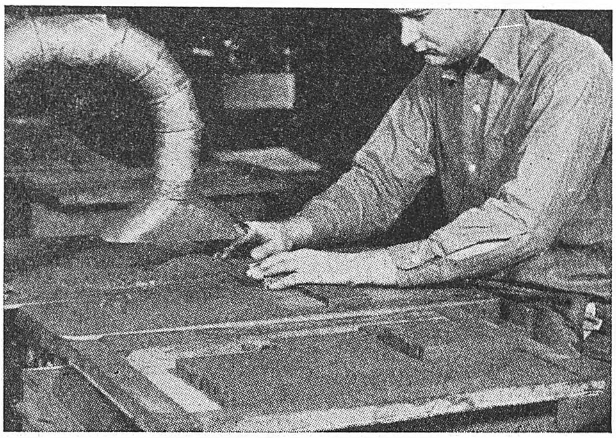
należy dobierać, aby lepiszcze uległo całkowitej polimeryzacji celem usunięcia niepożądanego zapachu fenolu.

Przy gorącym formowaniu mieszanek wysoko metalowych konieczna jest bardzo ścisła kontrola ciśnienia i temperatury, która powinna być poniżej punktu topnienia metalu. Zwykle utrzymuje się ją w granicach ok. 300°. Wtedy łatwiej topliwe metale przechodzą w fazę ciekłą i stanowią lepiszcza dla całej mieszanki. Gdy w mieszaninie jest mniej niż 20% grafitu, otrzymuje się w ten sposób trwałe szczotki bez dodatkowego wypalania.

W y p a l a n i e. Celem wypalania (wypiekania) jest nie tylko powiązanie ze sobą poszczególnych składników i wypalenie lepiszcza, ale także usunięcie niebezpiecznych naprężeń, powstałych w procesie formowania.

Po opuszczeniu prasy materiał jest cięty na żądane kawałki (rys. 3) lub pozostawiony w postaci całych płyt i poddany dokładnemu przeglądowi, po czym kierowany jest do pieca.

Piece są znacznie mniejszych rozmiarów niż piece używane do elektrod. Surowe szczotki ładuje się w skrzynki ze sproszkowanym węglem, który służy jako materiał, wypełniający pory. Temperaturę podnosi się początkowo bardzo powoli (przeciętnie 8°—30° na godzinę), potem szybciej, gdy lepiszcze już ulegnie spieczeniu. Sposób grzania zależy od rodzaju materiału i jego rozmiarów. Czas grzania wynosi od 8—10 godzin do 3—4 tygodni, aż osiągnie się temperaturę końcową. Czas wypalania zależy w wielkim stopniu od rodzaju pieca. Piece używane są różnych typów: olejowe, gazowe, ropowe, węglowe lub elektryczne.



Rys. 3. Cięcie płyt

Studzenie przebiega podobnie; dlatego cały proces jest na ogół bardzo długi. Jeżeli konieczne jest otrzymanie wyrobów o dużej gęstości i twardości, to stosuje się zabieg dodatkowy. Polega on na tym, że wyroby umieszcza się w autoklawie i w próżni usuwa się z porów powietrze. Po tej operacji wtłacza się w pory smołę pod ciśnieniem i wypala powtórnie.

Inny sposób zwiększenia twardości i gęstości, zalecany zwłaszcza dla szczotek małych, polega na obróbce ich gazem nawęglającym przez ogrzewanie w retortach. Zabieg ten jest podobny do cementowania żelaza i stali. Metodą tą można podnieść twardość skleroskopową z 50 do 100.

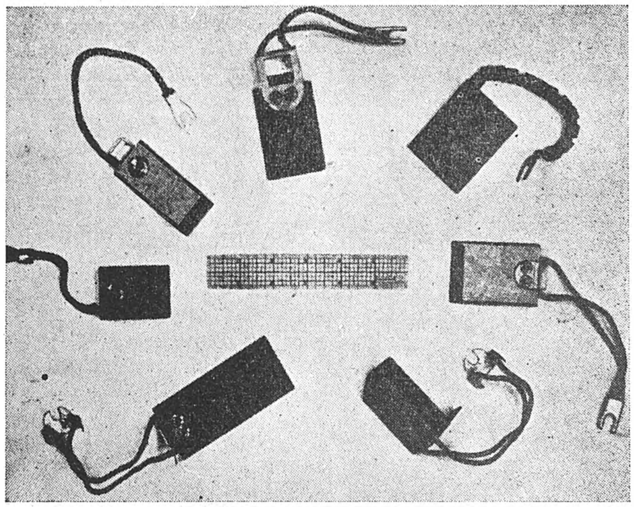
Szczotki metalowo-grafitowe wypala się w skrzynkach z piaskiem lub sproszkowanym węglem z dodatkiem kawałków blachy miedzianej, wiórków lub opiłków żelaznych. Służą one jako środki zapobiegające utlenianiu.

Stosuje się też wypalanie szczotek na przenośnikach w piecach ciągłych. Sposób ten daje bardzo jednorodny produkt, gdyż zarówno atmosfera pieca, jak i temperatura mogą być dokładnie regulowane i wypalanie każdej sztuki odbywa się w identycznych warunkach.

Często szczotki węglowe okazują się zbyt twarde, zbyt silnie ścierają się i posiadają za duży opór. Wady te obniża się przez dodatkową grafityzację, lecz zabieg ten wymaga bardzo dokładnej kontroli.

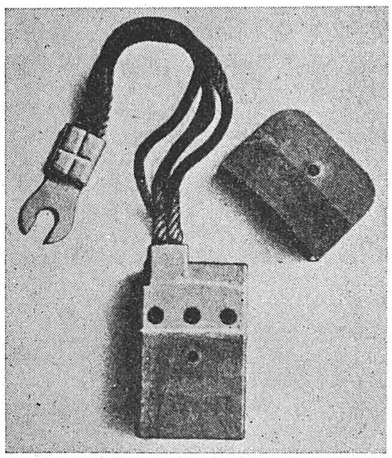
Po wypaleniu zarówno płyty, jak szczotki poddaje się starannemu badaniu na oporność, gęstość, twardość, łamliwość, zawartość popiołu itp. W wyniku tych badań część wyrobów zostaje zdyskwalifikowana i wraca do dalszego przerobu. Ocena ta odrzuca również wszystkie wyroby, które wykazują pęknięcia, skrzywienia, porowatość i tym podobne wady niewłaściwego wypalania.

W y k o ń c z a n i e. Wypalone duże płyty — przed pocięciem ich na szczotki — poddaje się obróbce wstępnej, która polega na tym, że powierzchnie płyt sprowadza się do dokładnej równoległości. Wtedy tnie się je na żądane wymiary i przyłącza do nich przewód (rys. 4). Właściwy sposób zamocowania przewodu jest sprawą bardzo istotną, gdyż jeśli styk jest zły, to nawet dobra szczotka pracuje wadliwie.



Rys. 4. Różne sposoby przymocowania przewodów do szczotek

Sposobów przyłączenia przewodu jest bardzo wiele. Jedne firmy zalecają wywiercenie w szczotce otworu i zamocowanie w nim przewodu za pomocą odpowiedniego proszku cementowego. Proszek ten składa się najczęściej z mieszaniny grafitu i sproszkowanych metali np. miedzi z cyną. Grafit jest tu dodany celem ochrony proszków metali przed utlenieniem. Otwór przed umocowaniem przewodu najczęściej metalizuje się (miedzią, srebrem, cyną lub kadmem) metodą natryskową lub galwanicznie. Zabieg ten stosuje się dla zapewnienia dobrego przewodnictwa między szczotką i przewodnikiem.



Rys. 5. Umocowanie szczotek za pomocą płytek

Inne mieszanki uszczelniające oparte są na amalgamacie miedzi z rtęcią. Po dokładnym wprasowaniu przewodnika rtęć odpędza się przez ogrzewanie w próżni.

Jeszcze inna metoda polega na wprasowaniu w szczotkę metalowej oprawki, do której przyłącza się kabel. Zaletą tego typu przyłączenia jest mała waga i możliwość najlepszego wyzyskania długości szczotki, przy czym sposób ten może być zastosowany zarówno do dużych, jak i do małych szczotek.

Polecane są też kute płytki z blachy miedzianej, mosiężnej, monelowej lub stalowej (rys. 5). Stosuje się też połączenia, w których przewód zakończony jest pierścieniem na gorąco zaklepanym lub zanitowanym na szczotce.

Szczotki starterów samochodowych są przeważnie formowane od razu z przewodem i dopiero potem wypalane. Największym kłopotem przy tej metodzie jest trudność uchronienia miedzianego przewodu od utleniania w czasie wypalania; jest to jednak konieczne, aby zachować właściwą elastyczność przewodu. Uzyskuje się to przez utrzymywanie w piecu odpowiedniej atmosfery.

Szczotki miękkie, zwłaszcza pracujące na maszynach szybko-obrotowych, lub w warunkach szczególnie odpowiedzialnych np. w lotnictwie, wymagają zamocowania przewodu w specjalnym uchwycie odpornym na wstrząsy i drgania, które powstają zwłaszcza w czasie mijania wycinków kolektora.

4. Zakończenie.

Z tego ogólnego przeglądu wynika, że sprawy szczotek metalowo-grafitowych są ciągle jeszcze bardzo żywe, czego dowodem są liczne patenty oryginalnych pomysłów.

Jednak wszystkie stosowane obecnie metody dają produkty kruche, porowate i o niezbyt jednorodnym składzie, przy czym metale w nich są zawsze w mniejszym lub większym stopniu utlenione.

Instytut Chemiczny w swym dziale elektrochemicznym rozpoczął próby otrzymywania szczotek metalowo-grafitowych całkowicie na drodze galwanicznej. Sposób ten uprościłby proces produkcji, usuwając serię kłopotliwych zabiegów jak mielenie, przesiewanie, formowanie i wypalanie, a nawet przyłączanie przewodów.

Metoda ta nie tylko pozwoliłaby na ścisłe dozowanie procentu grafitu i zapewniałaby otrzymanie bardzo czystych, nie utlenionych metali, lecz dawałaby od razu płyty gotowe do obróbki mechanicznej. W chwili obecnej prace te są w stadium początkowym.

LITERATURA

Arndt K.: Die künstlichen Kohlen, 1932

Schlomann A.: Technologisches Handbuch der Elektrotechnik und der Elektrochemie, 1928

Szwarcberg M.: Ugolnyje i grafitnyje elektrody dla elektropieczej i elektrolizjerow, 1938

Schuchardt G.: Kenntnis der Fabrikation u. der Untersuchung von Kohlenelektroden, 1921, 1926

Mantell: Industrial carbon, 1946

Schwarzkopf P.: Powder metalurgy, 1947

Neukirchen B.: Kohlebürsten, 1934

Każdan G.: Technologia elektrod, 1937

Raskop F.: Der Elektromaschinenbauer, 1943

INŻ. L. ZIENKOWSKI

Wytyczne rozwoju produkcji szczotek do maszyn elektrycznych*)

Treść. Na tle projektowanego w planie 6-letnim rozwoju przemysłu maszyn elektrycznych — w szczególności prądu stałego — zachodzi potrzeba postawienia na właściwym poziomie produkcji szczotek. Artykuł opisuje rodzaje szczotek używanych do maszyn elektrycznych, zakres ich stosowalności oraz metody ich badania. Specjalny nacisk położony jest na konieczność normalizacji szczotek pod względem rodzaju i wymiarów.

О развитии производства щеток для электрических машин. В связи с предусмотренным по 6-летнему плану развитием производства электрических машин — в частности постоянного тока — следует поставить на надлежащем уровне производство щеток. В статье описаны различные сорта щеток, применяемые в машиностроении, область их применения и методы испытания. Особенно подчеркнута необходимость нормализации щеток в отношении качества и размеров.

Hints for the development of the production of brushes for electrical machines. In view of the development of the electrical machine industry, in particular for direct current, provided for under the Six-Year Plan, it is esential for the production of brushes to be placed on a proper level. The article deals with the types of brushes used for electrical machines, the range of their applicability and the methods of testing them. Particular emphasis is laid on the necessity of standardising brushes in respect of types and sizes.

1. Wstęp.

Odpowiedni dobór szczotek i ich rola w pracy maszyny elektrycznej są często niedoceniane zarówno przez użytkowników, jak i przez producentów tych maszyn. Potwierdzeniem tego jest niemal zupełny brak wzmianek na ten temat w polskiej literaturze technicznej.

Tymczasem badania laboratoryjne pracy szczotek oraz przykłady z praktyki wskazują, jak ważną rolę odgrywa gatunek szczotek i jak często niewłaściwy ich dobór może być powodem wadliwej pracy maszyny. Ustalenie kryteriów tego doboru, warunków technicznych dla materiału szczotkowego, metod jego badania oraz wprowadzenie normalizacji szczotek pod względem ich gatunku i wymiaru stanowią niezbędne warunki racjonalnej gospodarki szczotkami.

Zaprojektowana w planie 6-letnim wielka rozbudowa przemysłu elektrotechnicznego przewiduje m. inn. bardzo znaczne zwiększenie produkcji i rozszerzenie typów maszyn prądu stałego, w których rola szczotek jest specjalnie istotna. Z tego względu wydaje się rzeczą celową uwypuklić wagę tego zagadnienia, dać zwięzły opis obecnego stanu techniki na tym odcinku i naszkicować wytyczne do postawienia tej gałęzi przemysłu w Polsce na właściwym poziomie.

2. Rodzaje szczotek.

Podstawowym surowcem przy produkcji szczotek jest węgiel w różnych postaciach i z różnymi domieszkami.

Stosowane obecnie w maszynach elektrycznych szczotki dzielą się na dwie zasadnicze grupy: szczotki węglowe i szczotki węglowo-metalowe. Te ostatnie stosowane są głównie dla odbioru prądu z pierścieni ślizgowych. Zakres ich stosowalności w maszynach komutatorowych jest stosunkowo wąski (maszyny niskowoltowe, samochodowe).

W każdej z dwóch wymienionych wyżej grup rozróżniamy kilka zasadniczych rodzajów szczotek, a mianowicie:

1. szczotki węglowe:
   - a) węglowe twarde (W),
   - b) węglowo-grafitowe (WG),
   - c) grafitowe miękkie (G),
   - d) elektrografitowe (EG);
2. szczotki węglowo-metalowe:
   - a) miedziano-grafitowe (MG),
   - b) brązowo-grafitowe (BG).

Prócz tego każdy z sześciu powyższych rodzajów może posiadać szereg odmian, wynikających z procentowego stosunku składników i z różnic w procesie technologicznym.

Najważniejsze charakterystyczne własności, istotne dla pracy szczotki i decydujące o zakresie stosowalności danego gatunku, są następujące:

- a) oporność właściwa,
- b) spadek napięcia na styku z komutatorem lub pierścieniami ślizgowymi,
- c) dopuszczalna gęstość prądu,
- d) twardość,
- e) ścieralność,
- f) współczynnik tarcia,
- g) wytrzymałość na złamanie,
- h) dopuszczalna prędkość obwodowa,
- i) ciężar właściwy.

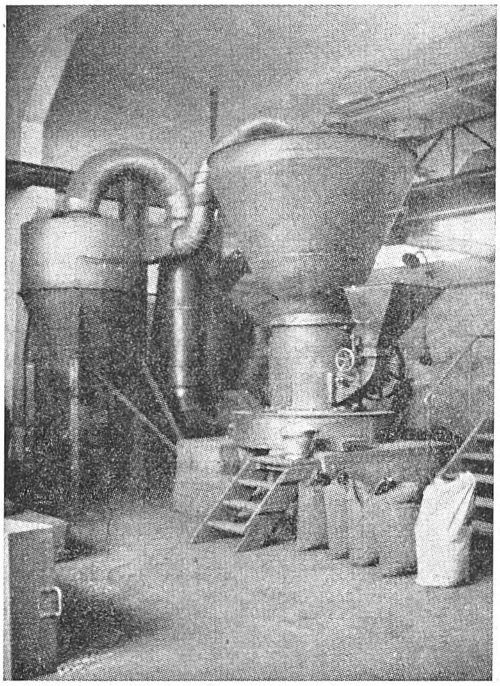
Uzyskanie odmiany materiału, który odpowiadałby z góry przepisanym warunkom dla tak wielu różnorodnych cech fizycznych, wymaga dokładnego opracowania technologii (rys. 1—4), starannie kontrolowanej produkcji i wszechstronnych prób odbiorczych.

Szczotki węglowe twarde. Wykonywane są z węgla bezpostaciowego, jak węgiel pogazowy, koks, antracyt. Materiał miele się na drobny proszek (przeważnie w młynach kulowych) i przesiewa przez odpowiednio gęste sita. Po przemieszaniu ze środkiem wiążącym w postaci żywicy,

*) Referat zgłoszony na Konferencję Materiałoznawstwa Elektrycznego.

smoły lub tp. materiał podlega sprasowaniu w formie płyt i wyżarzeniu w specjalnych piecach przy temperaturze 1200° do 1400°C. Proces nagrzewania powoduje odparowanie bardziej lotnych składników materiału wiążącego, zwęglenie składników mniej lotnych i utwardzenie całości.

Szczotki węglowo-grafitowe. Proces fabrykacji jest analogiczny do poprzednio opisanego z tą różnicą, że



Rys. 1. Młyny węglowe

dodana jest domieszka grafitu naturalnego. Uzyskuje się przez to produkt mniej twardy w stopniu zależnym od ilości domieszanego grafitu.

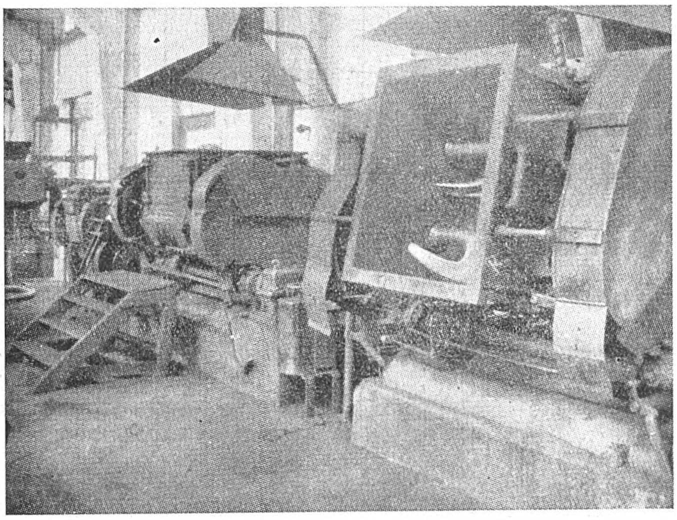
Szczotki grafitowe. Wprowadzenie biegunów komutacyjnych i uzwojenia kompensacyjnego umożliwiło budowę szybkobieżnych maszyn prądu stałego o dużych natężeniach prądu. Używane do tego czasu szczotki węglowe nie mogły sprostać nowym wymaganiom. Okazało się natomiast, że przez zastosowanie grafitu zamiast węgla można przy tym samym niemal procesie fabrykacyjnym otrzymać szczotki o mniejszym współczynniku tarcia i większej przewodności cieplnej, a więc o własnościach lepiej odpowiadających nowym warunkom pracy.

Produkowane są szczotki grafitowe o małej oporności i szczotki o oporności zwiększonej, co uzyskuje się przez zastosowanie jako środka wiążącego odpowiednio dobranych żywic syntetycznych (formaldehydowo-fenolowych).

Szczotki elektrografitowe. Dalszy stopień rozwoju techniki szczotek stanowią szczotki elektrografitowe, łączące w sobie wytrzymałość szczotek węglowych z niskim współczynnikiem tarcia i dużą dopuszczalną gęstością prądu, charakteryzującą szczotki grafitowe.

Materiał na te szczotki uzyskuje się przez wyżarzenie węgla bez dostępu powietrza w specjalnych piecach elektrycznych przy bardzo wysokiej temperaturze (około 3000° C). Otrzymuje się w ten sposób niemal czysty węgiel z bardzo małą domieszką popiołu o własnościach bardzo zbliżonych do naturalnego grafitu, ale posiadający lepsze własności elektryczne z punktu widzenia wymagań stawianych szczotkom w nowoczesnych maszynach elektrycznych.

Szczotki miedziano-grafitowe. Materiał wyjściowy stanowi pył miedziany zmieszany ze sproszkowanym grafitem, przy czym zawartość miedzi waha się przeważnie



Rys. 2. Mieszadła

w granicach od 50% do 85%. Mieszanka podlega sprasowaniu przy bardzo dużym ciśnieniu. Szczotki te odznaczają się dużą przewodnością cieplną i małym spadkiem napięcia na styku z pierścieniem ślizgowym lub komutatorem.

Szczotki brązowo-grafitowe. Proces fabrykacyjny jest analogiczny do poprzedniego. Zawartość brązu dochodzi do 95%. Szczotki te posiadają większą oporność właściwą niż szczotki miedziano-grafitowe.

W tabl. I podane są charakterystyczne dane liczbowe dla każdego z wyżej wymienionych podstawowych rodzajów szczotek.

Zależnie od gatunku użytego surowca, środków wiążących i pewnych różnic w procesie technologicznym można w ramach każdego typu podstawowego otrzymać szereg odmian o znacznej rozpiętości ich wartości charakterystycznych. Katalogi większych firm produkujących szczotki zawierają po kilka dziesiątków takich odmian.

Tablica I. Zestawienie cech charakterystycznych różnych rodzajów szczotek

Rodzaj	Symbol	Oporność właściwa $\Omega \cdot mm^2$/m	Spadek napięcia $2 \cdot \Delta U$ V	Dopuszcz. gęstość prądu A/cm²	Twardość °Shore	Współcz. tarcia	Wytrzymałość na zginanie kg/cm²	Dopuszcz. prędkość obwodowa m/s	Ciężar właściwy
Węglowe twarde	W	60-125	2,0-2,5	3-7	60-85	~0,3	~300	15	1,3-1,6
Węglowo-grafitowe	WG	20-60	2,0-2,5	7-8	40-60	0,25-0,3	~300	15-20	1,45-1,6
Grafitowe miękkie (o małej oporności)	G	10-45	2,0-3,0	6-12	20-40	0,1-0,2	100-200	25-50	1,7-2,1
Elektro-grafitowe	EG	10-60	2,0-3,0	8-12	20-70	0,1-0,25	350	25-50	1,4-1,7
Miedziano-grafitowe	MG	0,1-2,0	0,5-1,2	10-25	~15	0,04-0,15	400	25	
Brązowo-grafitowe	BG	0,5-6,0	0,4-0,7	20	10-15	0,05-0,15	300-800	20	4-6

Uwaga. Tablica powyższa podaje przeciętne charakterystyczne wartości dla danego rodzaju szczotek. W każdym rodzaju zdarzają się odmiany o własnościach dość znacznie odbiegających od podanych wartości przeciętnych.

3. Proces fabrykacyjny.

Typowy proces fabrykacji składa się z następujących faz:

a) przygotowanie surowców wyjściowych (węgiel, grafit, pył miedziany, środki wiążące itd.),

b) mieszanie materiału,

c) prasowanie płyt,

d) wyżarzanie,

e) krajanie na kostki o wymaganych wymiarach,

f) zaopatrzenie w dodatki (kabelki z zaciskami, oprawki miedziane), względnie elektrolityczne miedziowanie części powierzchni szczotki.

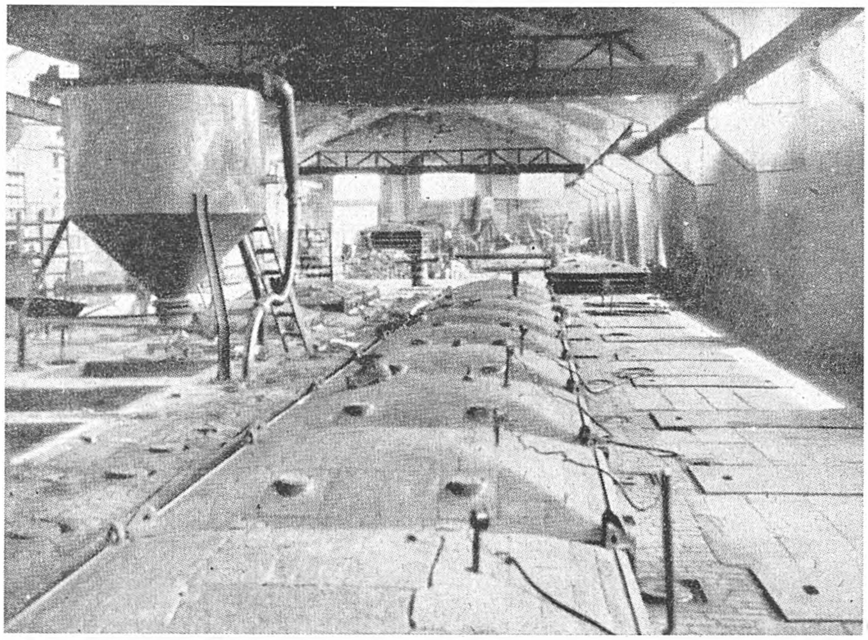
Ze względu na podobne procesy technologiczne i urządzenia wytwórcze produkcja płyt szczotkowych łączy się często z produkcją elektrod do pieców łukowych, tygli elektrografitowych, łożysk grafitowych itp.

W stosunku do szczotek całość procesu fabrykacyjnego może być skoncentrowana w jednym zakładzie wytwórczym lub też zadanie danego zakładu może się ograniczyć do produkcji płyt (operacje od a do d), pozostałe zaś operacje wykonywane są w innym zakładzie. Wybór takiego czy innego rozwiązania zależy od ogólnej struktury przemysłu.

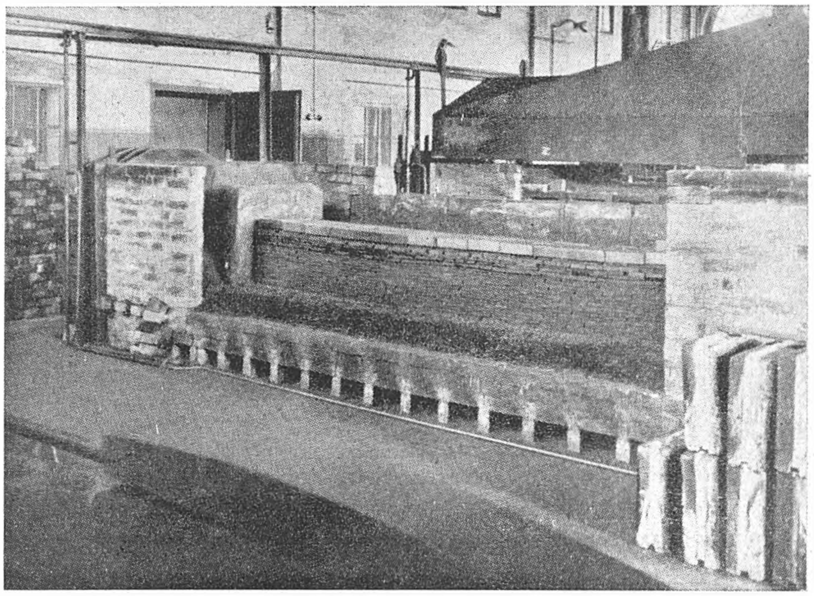
W niektórych wypadkach stosowany jest odmienny proces produkcyjny: zamiast płyt prasowane są gotowe szczotki, po czym dopiero następuje wyżarzenie. Równocześnie z prasowaniem szczotki odbywa się wtedy wprasowanie kabelka odprowadzającego. Proces ten ma zastosowanie przede wszystkim przy bardzo małych szczotkach, gdzie odpad materiału przy krajaniu jest bardzo duży i umocowanie kabelków trudne.

4. Zakres stosowalności.

O odpowiednim doborze szczotek dla danej maszyny decyduje szereg różnorodnych czynników. Przede wszystkim wchodzi tu w grę napięcie, natężenie prądu, prędkość obwodowa komutatora lub pierścieni i warunki komutacji. Prócz tego w wielu przypadkach uwzględniać trzeba szczególne warunki pracy maszyny, jak np. wstrząsy w czasie pracy (silniki trakcyjne), pracę w kurzu lub w wilgoci, silne wahania obciążenia itd. Zdarza się, że dopiero drogą dłuższych prób praktycznych dochodzi się do znalezienia najodpowiedniejszego gatunku szczotek.



Rys. 3. Piece do wyżarzania szczotek węglowych



Rys. 4. Piec do produkcji płyt elektrografitowych

Ogólnie jednak podać można co do gatunków szczotek dość dokładne wytyczne, które zaleca się stosować w poszczególnych typach maszyn elektrycznych (tabl. II).

Zaznaczyć trzeba, że z małymi wyjątkami można prawie zawsze otrzymać zadawalające wyniki przez zastosowanie jednej z odmian szczotek elektrografitowych. Szczotki te, stanowiące gatunek najbardziej szlachetny, są jednak rów-

nocześnie dużo droższe od szczotek węglowych i grafitowych. Dlatego też tam, gdzie to jest możliwe, zadawalamy się często tańszymi szczotkami, ograniczając zakres stosowania szczotek elektrografitowych do trudniejszych warunków pracy.

5. Badanie szczotek.

Dla uzyskania wyrobu o określonych własnościach i zachowania jednolitości gatunku w różnych seriach produkcyjnych konieczne jest, aby zakład wytwórczy posiadał

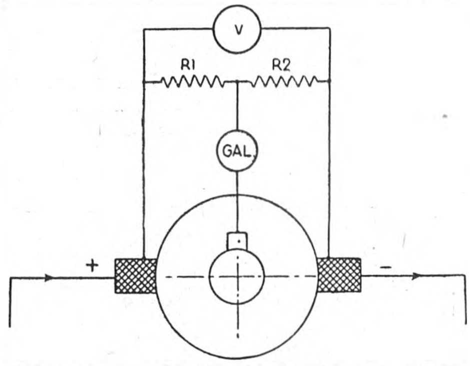
Tablica II. Zakres zastosowania różnych rodzajów szczotek

L. p.	Rodzaj maszyny	Rodzaj szczotek
1.	Przetwornice jednotwornikowe:	
	komutator	EG, G
	pierścienie ślizgowe	MG
2.	Prądnice trójfazowe:	
	c) przy prędkości obw. $\leqslant$ 20 m/s:	
	wzbudnice $\geqslant$ 60 V	EG, G
	wzbudnice $<$ 60 V	G, MG
	pierścienie ślizgowe mosiężne	EG, G
	pierścienie ślizgowe stalowe	G
	b) przy prędkości obw. $>$ 20 m/s:	
	wzbudnice	EG. G
	pierścienie ślizgowe mosiężne	EG, G
	pierścienie ślizgowe stalowe	G
3.	Prądnice prądu stałego:	
	a) przy prędkościach $\leqslant$ 20 m/s:	
	$>$ 100 V	EG
	60 — 100 V	EG, G
	20 — 60 V	G, MG
	6 — 20 V	MG
	$<$ 6 V	MG, BG
	b) przy prędkościach $>$ 20 m/s:	
	$>$ 500 V	EG
	60 — 500 V	EG, G
	$<$ 60 V	G, MG
4.	Maszyny samochodowe:	
	prądnice	EG, G
	magneta	W, WG
	startery	BG, MG
5.	Silniki asynchroniczne	MG, BG
6.	Silniki komutatorowe prądu zmiennego:	
	małe	EG
	średnie	EG, G
	duże	G, EG
7.	Silniki małe uniwersalne	W, WG
8.	Silniki prądu stałego:	
	a) małe	W, WG, EG
	b) średnie:	
	normalne przemysłowe	EG, G
	dźwigowe, hutnicze	EG
	c) duże:	
	normalne przemysłowe	EG, G
	walcownicze	EG
	do maszyn wyciągowych	EG, G
9.	Maszyny trakcyjne prądu stałego:	
	a) silniki do wózków akumulatorowych	
	$>$ 100 V	EG
	50 — 100 V	EG, G
	$<$ 50 V	G, MG
	b) prądnice do oświetlenia wagonów	EG
	c) silniki tramwajowe	EG, G
	d) silniki do trakcji dalekobieżnej	EG

laboratorium wyposażone w urządzenia do badań materiałów w poszczególnych fazach produkcji i do wszechstronnych prób gotowego wyrobu. Te ostatnie są specjalnie interesujące z punktu widzenia użytkownika i producenta maszyn elektrycznych. Poniżej podajemy krótki opis kilku najbardziej podstawowych prób i urządzeń do ich przeprowadzania.

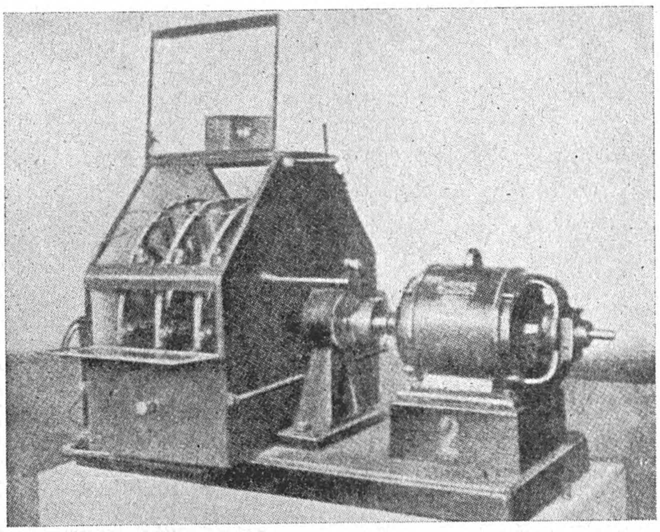
Spadek napięcia. Urządzenie do pomiaru składa się z miedzianego pierścienia ślizgowego i dwóch jednakowych szczotek kontaktujących z nim, umieszczonych w oprawach, które pozwalają regulować docisk do normalnej dla danego rodzaju szczotek wielkości.

Całość urządzenia zamknięta jest w szczelnej osłonie; przewody do instrumentów pomiarowych oraz wałek napędowy wyprowadzone są przez uszczelnione otwory. Do pomiaru używa się prądu stałego. Schemat ideowy podany jest na rys. 5, wygląd zewnętrzny ilustruje rys. 6.



Rys. 5. Schemat urządzenia do pomiaru spadku napięcia

Jako wielkość spadku napięcia przyjmuje się normalnie sumę spadków napięć przy szczotce dodatniej i ujemnej.


Rys. 6. Urządzenie do pomiaru spadku napięcia

W rzeczywistości spadek napięcia przy szczotce dodatniej (według oznaczeń na rys. 5) jest nieco mniejszy niż przy szczotce ujemnej.

Wielkość spadku napięcia jest w nieznacznym stopniu zależna od gęstości prądu. Wyniki prób podawane więc są zwykle w formie krzywej: spadek napięcia w funkcji gęstości prądu.

Przy próbach należy zwracać baczną uwagę na właściwe dotarcie szczotek, w przeciwnym razie łatwo otrzymać mylne wyniki.

Oporność właściwa. Oporność omową mierzy się za pomocą mostka Thomsona lub metodą techniczną.

Twardość. Pomiar twardości dokonuje się za pomocą skleroskopu. Twardość wyraża się w stopniach Shore'a (ewentualnie w stopniach Brinella).

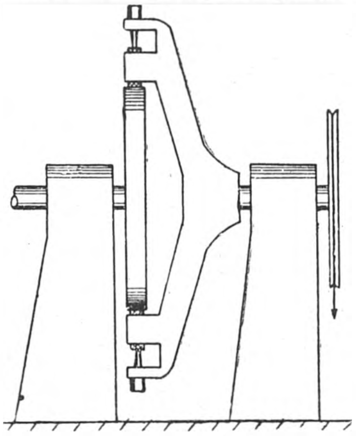
Współczynnik tarcia. Zasada urządzenia do pomiarów współczynnika tarcia podana jest na rys. 7.

Pierścień kolektorowy zmontowany jest na wałku silnika o regulowanej liczbie obrotów. Koncentrycznie z osią silnika umieszczona jest na pomocniczym łożysku tarcza, zaopatrzona w dwie wzajemnie o 180° przesunięte obsady ze szczotkami ślizgającymi się po pierścieniu kolektorowym. Wskutek tarcia szczotek o pierścień kolektorowy tarcza z obsadami szczotkowymi ma tendencję obracania się wraz z pierścieniem kolektorowym. Ruchowi temu przeciwdziała moment spowodowany przez ciężarek zawieszony na sznurku umocowanym do obwodu kółka, umieszczonego na wspól-

nym z tarczą wałku (na rysunku po prawej stronie łożyska). Przy odpowiednim doborze wielkości ciężarka tarcza pozostaje w spoczynku. Znając średnicę kolektora, kółka i wielkość ciężarka, łatwo można obliczyć siłę tarcia szczotek o kolektor, a tym samym i współczynnik tarcia.

Widok zewnętrzny urządzenia pokazany jest na rys. 8.

Wielkość współczynnika tarcia zależy od prędkości obwodowej. Odpowiednio do tego wyniki pomiarów podawane

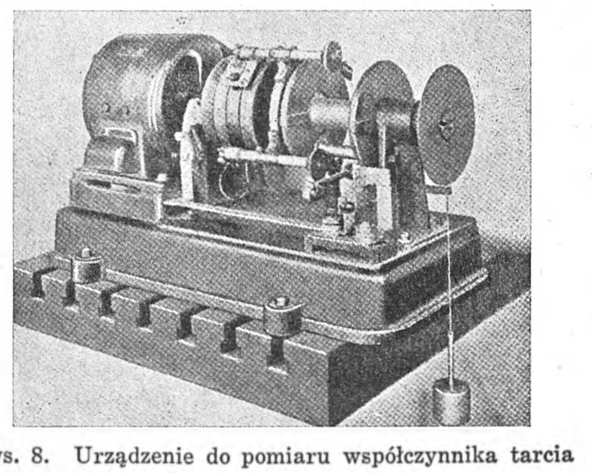


Rys. 7. Szkic ideowy urządzenia do pomiaru współczynnika tarcia

są zwykle w formie krzywej: współczynnik tarcia w funkcji prędkości obwodowej.

W nieznacznym stopniu współczynnik ten zależy również od gęstości prądu. Próby typu wykonywane są normalnie bez przepuszczania prądu przez szczotki.

Ścieralność. Ścieralność bada się przez pomiar ciężaru szczotki w pewnym momencie i po pewnym określo-



Rys. 8. Urządzenie do pomiaru współczynnika tarcia

nym czasie pracy na komutatorze lub pierścieniu ślizgowym, przy określonym nacisku i określonej prędkości obwodowej.

Może być zastosowane w tym celu podobne urządzenie jak do pomiarów współczynnika tarcia.

6. Normalizacja.

Niezbędnym warunkiem właściwego zorganizowania gospodarki szczotkami i postawienia ich produkcji na odpowiednim poziomie jest daleko posunięta normalizacja. Obejmować ona winna normalizację rodzajów i normalizację wymiarów.

Szeroka gama rodzajów szczotek umożliwia teoretycznie najkorzystniejszy dobór szczotek dla danego typu maszyny i danych warunków pracy. Równocześnie jednak nadmierna liczba odmian, z których pewna część stosowana jest tylko w niewielkich ilościach, wydatnie komplikuje ich produkcję, szczególnie w jej początkowej fazie rozwoju.

Wstępne studia zainteresowanych czynników fachowych w Polsce doprowadzają do wniosku, że za pomocą serii szczotek, obejmującej kilkanaście odmian*), można pokryć w sposób zadawalający zapotrzebowanie szczotek dla znakomitej większości maszyn produkowanych i stosowanych w kraju. Tylko w wyjątkowych wypadkach może zajść potrzeba uciekania się do gatunków specjalnych.

Rozwój więc przemysłu krajowego winien pójść w pierwszej fazie po linii ograniczenia produkcji do niewielkiego stosunkowo asortymentu ze skierowaniem jak największej uwagi na dokładne opracowanie recept fabrykacyjnych, opanowanie technologii i zorganizowanie laboratoriów badawczych, aby uzyskać produkt pełnowartościowy o własnościach ściśle odpowiadających postawionym warunkom technicznym.

Trudniej nieco przedstawia się sprawa normalizacji wymiarów. Jeżeli bowiem przy bieżącej produkcji maszyn elektrycznych można stopniowo, lecz w stosunkowo niedługim czasie wprowadzić szczotki o znormalizowanych wymiarach, to zagadnienie szczotek do wymiany w istniejących maszynach różnego pochodzenia nastręcza poważniejsze trudności. Zapotrzebowanie zaś w tej drugiej grupie przewyższa w chwili obecnej zapotrzebowanie dla nowej produkcji. Nie mniej jednak akcja w tym kierunku powinna być również jak najprędzej zapoczątkowana.

Wspomnieć wreszcie należy, że prócz rodzaju i wymiarów szczotek normalizacja winna objąć ich dodatki (sposób mocowania kabelków, wymiary kabelków i końcówek itd.).

Prace normalizacyjne w zakresie szczotek prowadzone są przez Komisję II Maszyn Elektrycznych Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

LITERATURA

Szczotki dla elektriczeskich maszyn (GOST 2332—43)
Hayes M. E. Current-collecting brushes in electrical machines. London 1949 (Pitman and Sons, Ltd)
Neukirchen J. N. Kohle-Bürsten. München und Berlin, 1934, (R. Oldenbourg)
Spazzole per macchine elettriche. Soc. p. a. Monti e Martini, Milano 1950
Kohlebürsten Markenkatalog, Ausgabe 1950, Ringsdorf-Werke K. G., Mehlem/Rhein
The Morgan Crucible Co Ltd: Katalog szczotek węglowych

*) 2 gatunki szczotek węglowych.
2 „ „ węglowo-grafitowych,
4 „ „ elektro-grafitowych,
4 „ „ miedziano-grafitowych.

Rozwinąć jak najpełniej i podnieść na najwyższy poziom siły wytwórcze kraju właśnie po to, aby pobudzały one, wzmacniały, potęgowały twórczą energię mas ludowych — niewyczerpane źródło postępu materialnego i kulturalnego narodu — oto zadanie planowej polityki państwa, budującego socjalizm.

W warunkach budownictwa nowego ustroju społecznego zmienia się przede wszystkim człowiek — twórca nowego życia. Klasa robotnicza nie tylko wzrosła liczebnie, ale stała się siłą przodującą, która świadomie tworzy podstawy nowej socjalistycznej ekonomiki i kultury, prowadząc cały lud pracujący po drodze rewolucyjnej przebudowy warunków bytu społecznego.

Socjalizm oznacza organizację dostatniego i kulturalnego życia dla wszystkich członków społeczeństwa.

B. Bierut

DR INŻ. ALOJZY FARNIK

Produkcja tworzyw na magnesy trwałe w Polsce*)

Treść. Artykuł obejmuje przegląd rozwoju tworzyw na magnesy trwałe oraz osiągnięcia i możliwości w tej dziedzinie. Porusza również trudności i usterki w prawidłowym rozwiązaniu produkcji tych tworzyw jako też w racjonalnym ich wykorzystaniu.

Производство материалов для постоянных магнитов. В статье дается обзор развития материалов для производства постоянных магнитов, а также достижения и возможности в этой области. Затронуты также трудности правильного разрешения вопроса.

The production of materials for permanent magnets. The article reviews the development of materials for permanent magnets, the achievements and future opportunities in this respect. Reference is also made to difficulties in the proper solution of the production of these materials and in their judicious utilization.

1. Wstęp.

Zagadnienie produkcji wysoko-gatunkowych tworzyw na magnesy trwałe leżało u nas do niedawna praktycznie odłogiem, jeżeli nie liczyć niewielkiej produkcji najprostszych stali magnesowych o klasycznym składzie z dodatkiem 6% wolframu, lub 6% kobaltu.

Brak postępu technicznego w przemyśle hutniczym na tym odcinku spowodowany był słabym rozwojem krajowego przemysłu elektrotechnicznego, teletechnicznego i radiotechnicznego — jedynych konsumentów stali magnesowych i magnesów gotowych.

W Polsce przedwojennej przez długi okres czasu produkcja elektrycznych przyrządów pomiarowych była niewielka; również niewielka była produkcja sprzętu teletechnicznego i radiotechnicznego, a fabryki produkujące ten sprzęt związane były przeważnie umowami licencyjnymi z firmami zagranicznymi, i na tej podstawie zmuszone były sprowadzać z zagranicy prawie wszystkie istotne części budowanych przyrządów, w wielu wypadkach ograniczając się tylko do montażu i do dorabiania skrzynek. Do takich sprowadzanych z zagranicy części w stanie gotowym należały również magnesy, wzgl. całe układy magnesowe.

Jedna z państwowych fabryk teletechnicznych próbowała wprawdzie przed wojną uniezależnić się od importu i rozpoczęła produkcję magnesów lanych ze stopów Al-Ni we własnym zakresie, osiągając — według własnej opinii — dostatecznie dobre wyniki; jednakowoż fabryka ta nie ujmowała tego zagadnienia w skali ogólnopaństwowej obsłużenia również wszystkich innych klientów, gdyż stanowili oni częściowo jej tzw. „konkurencję", co w ustroju kapitalistycznym utrudnia planowe rozwiązywanie wielu zagadnień

W latach 1938 i 1939 przemysły elektrotechniczny oraz radiotechniczny i teletechniczny wykazywały silne tendencje rozwojowe, konsumcja magnesów trwałych wzrastała, w wyniku czego jedna z hut krajowych zdecydowała się podjąć produkcję magnesów trwałych na potrzeby całego rynku krajowego przez uruchomienie specjalnej wytwórni magnesów wzorem zagranicznych wielkich hut stali szlachetnych, jak Böhler, Röchling, Deutsche Edelstahlwerke, Fagersta Bruks, czy też Darwins Limited. W owym czasie ostatnim osiągnięciem w dziedzinie tworzyw na magnesy trwałe były stopy Al-Ni i Al-Ni-Co.

Podejmowanie tak specjalnej produkcji w warunkach przedwojennych nie było zagadnieniem prostym, gdyż — pomijając różne powiązania kapitałowe poszczególnych fabryk elektrotechnicznych z zagranicą, utrudniające zbyt magnesów pochodzenia krajowego — sama produkcja magnesów lanych jest niewątpliwie trudna i w okresie przedwojennym nie byliśmy jeszcze do niej dostatecznie przygotowani, aby jakością i ceną móc konkurować z dużymi producentami zagranicznymi, mającymi w tej dziedzinie duże doświadczenie i produkującymi magnesy masowo. Niezależnie od tego na przeszkodzie stały patenty, będące własnością firm zagranicznych produkujących magnesy. Starano się w kraju o teoretyczne opanowanie tego zagadnienia, czego dowodem jest praca Czopiwskiego, Malkiewicza i Stocha pt. „Współczesne tworzywa na magnesy trwałe", będąca monografią na temat stopów magnesowych Al-Ni i zawierająca również wyniki własnych badań autorów w Hucie Baildon.

Po odzyskaniu niepodległości zagadnienie produkcji magnesów trwałych w kraju rozwijało się w sposób podobny jak przed wojną. Najpierw produkowali magnesy, mniej lub więcej umiejętnie, poszczególni użytkownicy i to magnesy z krajowej stali wolframowej i kobaltowej, później powstała konieczność sprowadzenia magnesów lanych o lepszych własnościach z zagranicy, a wreszcie w wyniku coraz większego rozwoju przemysłu elektrotechnicznego, radiotechnicznego i teletechnicznego wysunął się na nowo problem uruchomienia wytwórni magnesów w kraju. Po latach usiłowań został on rozwiązany: produkcję magnesów zapoczątkowano w jednej z naszych hut stali szlachetnych, dysponującej technicznymi możliwościami podjęcia się produkcji od razu wszystkich gatunków magnesów i to magnesów kutych, lanych i prasowanych.

2. Wiadomości ogólne.

Zagadnienie produkcji tak zwan. stali magnesowych lub jak się je czasem określa, tworzyw magnetycznie twardych, jest obszerne i trudne nie tylko od strony teoretycznej, lecz również od strony praktycznej. Tworzywa te od roku 1900 uległy bardzo silnej ewolucji jakościowej i wyparły w szeregu zastosowań elektromagnesy dzięki swej zdolności tworzenia silnych pól magnetycznych bez dopływu prądu elektrycznego, którego wymaga elektromagnes.

Dobre tworzywa na magnesy trwałe muszą odznaczać się dużą indukcją magnetyczną (B), dużą pozostałością magnetyczną (B_r) i dużą trwałością własności magnetycznych w polu magnetycznym o kierunku przeciwnym, czyli dużą odpornością na odmagnesowanie, której miarą jest tzw. natężenie powściągające (H_c).

Pomiędzy metalami jedynie trzy metale wykazują wybitniejszą zdolność namagnesowania się w polu magnetycznym, czyli są metalami ferromagnetycznymi; metalami tymi są: żelazo o strukturze α, nikiel i kobalt. Spośród tych metali praktyczne zastosowanie do wyrobu tworzyw magnetycznych znalazło właściwie jedynie żelazo, które charakteryzuje duża wytrzymałość magnetyczna, kobalt zaś i nikiel stosowane są raczej jako dodatki stopowe wybitnie podnoszące własności magnetyczne żelaza.

Stal słabo węglowa, np. w gatunku „Armco", posiada zdolność silnego namagnesowania się w obcym polu magnetycznym. Jak wynika z rys. 1, stal miękka w polu magnetycznym o dostatecznie wielkim natężeniu wykazuje w stanie największego nasycenia indukcję magnetyczną (B) dochodzącą do 17 000 gausów, a po usunięciu stali spod wpływu magnesującego pola wykazuje jeszcze pozostałość magnetyczną (B_r) w wysokości około 11 000 gausów.

Niestety, stal miękka nie posiada odporności na odmagnesowujące działania obcych pól magnetycznych i już w polu magnetycznym ziemskim traci nabyte przez namagnesowanie własności i odmagnesowuje się. Stal miękka posiada zatem dobrą indukcję magnetyczną, ale bardzo małe natężenie powściągające. Krzywą własności magnetycznych stali miękkiej w zależności od siły i kierunku pola magnetycznego, czyli jej obieg histerezy, przedstawia rys. 1.

Istotną cechą tworzywa na magnesy trwałe jest duże natężenie powściągające, tzn. duża odporność na działanie odmagnesowujące, a zatem charakterystyczna krzywa histerezy magnetycznej dla tego rodzaju tworzywa powinna mieć przebieg zbliżony do krzywej przedstawionej na rys. 2.

Dla właściwego scharakteryzowania tworzywa na magnesy trwałe należy — obok indukcji magnetycznej, pozostałości magnetycznej i natężenia powściągającego — wprowadzić jeszcze kilka najniezbędniejszych pojęć, używanych w literaturze do określenia jakości tworzyw na magnesy trwałe.

*) Referat zgłoszony na Konferencję Materiałoznastwa Elektrycznego.

Na podstawie znajomości pozostałości magnetycznej i natężenia powściągającego obliczano dawniej tzw. wskaźnik mocy magnetycznej, równający się iloczynowi $B_r \cdot H_c$. Z tego wskaźnika mocy magnetycznej korzysta się jednak obecnie bardzo rzadko, gdyż okazało się, że między punktem B_r a punktem H_c można wykreślić cały pęk krzywych, charakteryzujących różne tworzywa na magnesy trwałe i że wykonane z nich magnesy będą wykazywać zupełnie odmienne własności, chociaż tworzywa te posiadają jednakowy wskaźnik mocy magnetycznej. W wyniku tego spostrzeżenia wprowadzono inny sposób określania przydatności tworzywa na magnesy trwałe, a mianowicie w postaci największej wartości iloczynu ($B \times H$) dla jednego z punktów na krzywej odmagnesowania pomiędzy B_r a H_c i ten punkt według Eversheda i Wattsona jest miarodajny dla obliczenia magnesu trwałego, posiadającego największą moc magnetyczną przy najmniejszej objętości.

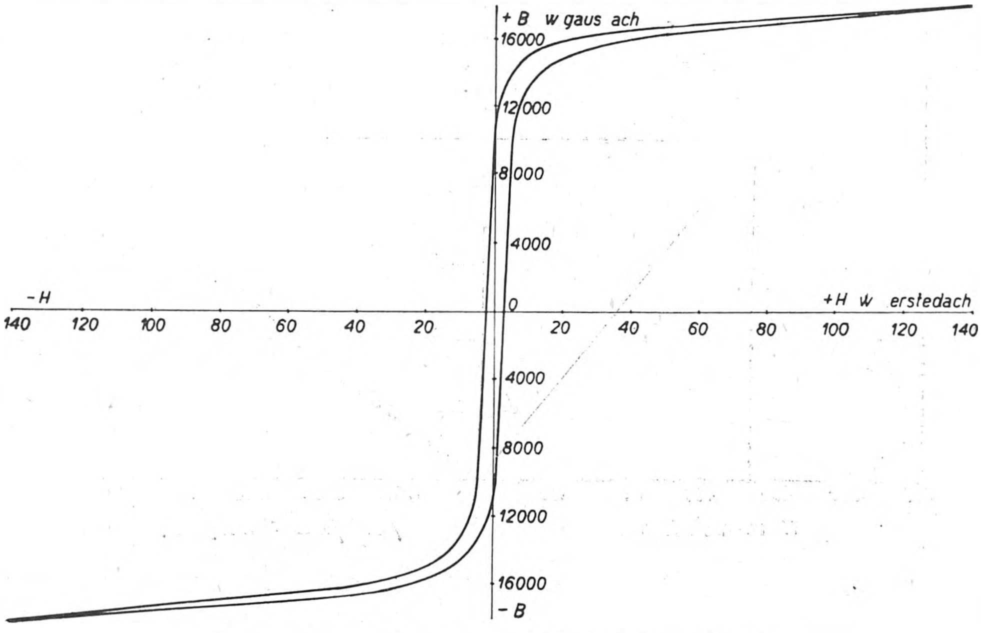
Punkt $(B \times H)_{max}$ jest w przybliżeniu punktem przecięcia się przekątnej prostokąta zbudowanego na wartości H_c i B_r z krzywą odmagnesowania danego tworzywa. Wartości $B \times H$ obliczone dla krzywej odmagnesowania przedstawia rys. 3.

Jak widać z rys. 1, aby ze stali miękkiej zrobić tworzywo przydatne do wyrobu magnesów trwałych, należy rozszerzyć jej obieg histerezy przez podwyższenie wartości natężenia powściągającego. Bez wnikania w teoretyczne podstawy magnetyzmu wiemy z praktyki, że można to zrobić przez wywołanie naprężeń w siatce przestrzennej żelaza. Okazało się bowiem, że w miarę podwyższania zawartości węgla w stali powyżej 0,26% i po zahartowaniu stal wykazuje coraz to większe natężenie powściągające i staje się tworzywem przydatnym do wyrobu magnesów trwałych.

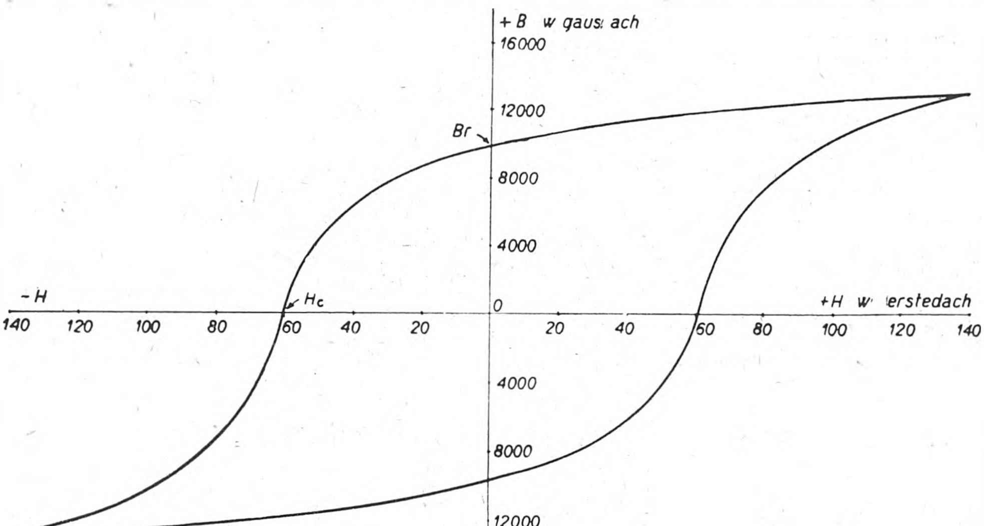
Jakie są przyczyny wzrostu natężenia powściągającego ze wzrostem zawartości węgla i dlaczego stale o dużej zawartości węgla nabierają charakteru tworzywa na magnesy trwałe dopiero po zahartowaniu?

Jest to ściśle związane z zachowaniem się węgla w stali w czasie hartowania. W temperaturach normalnych węgiel występuje w stali w postaci obcej fazy Fe_3C, węglika żelaza, który w ograniczonej ilości rozpuszcza się w kryształach żelaza α i przybiera w zależności od warunków studzenia postać płytek lub kulek.

Przez podgrzanie stali do temperatur wyższych kryształy żelaza, po przekroczeniu punktu przemiany alotropowej,

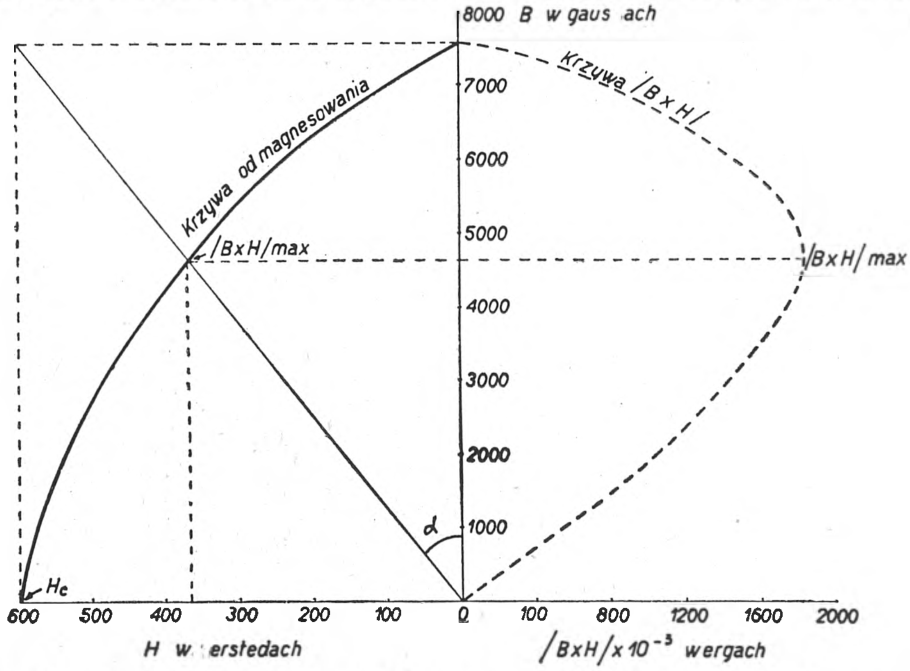


Rys. 1. Krzywa histerezy miękkiej stali węglowej



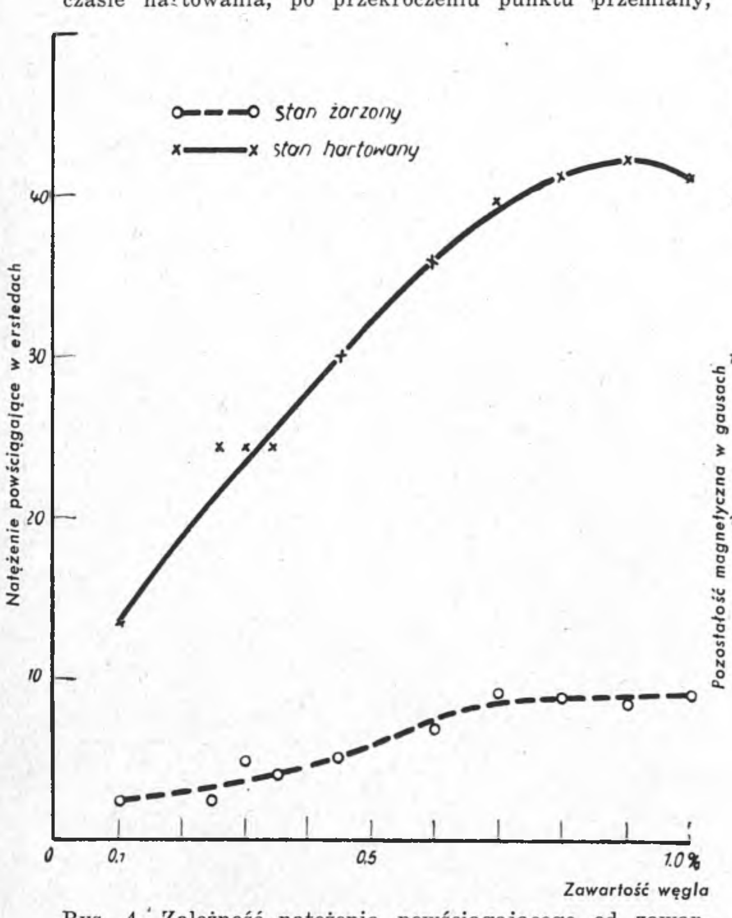
Rys. 2. Krzywa odmagnesowania stali przydatnej do wyrobu magnesów trwałych

zmieniają swoją strukturę przechodząc w odmianę γ, charakteryzującą się dobrą rozpuszczalnością węgla, i cała zawartość węgla przechodzi w roztwór stały. W roztworze ściowo w siatkach przestrzennych żelaza pomiędzy atomami żelaza, a częściowo już jako drobiny Fe_3C w ultramikroskopowym rozproszeniu. Stal w takim stanie posiada struk-

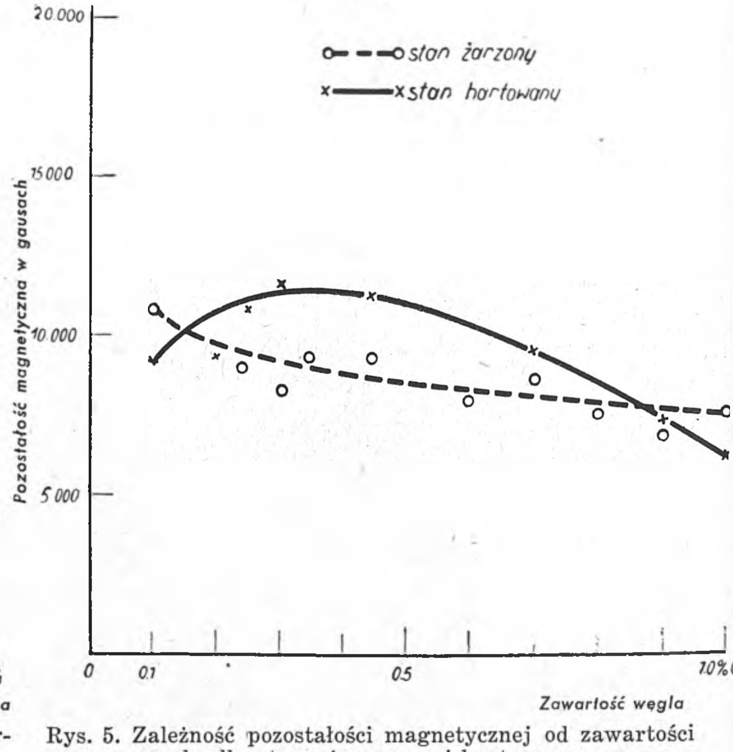


Rys. 3. Wykreślny sposób ustalania $(B \cdot H)_{max}$ i wartość $B \cdot H$ dla krzywej odmagnesowania

atomy węgla wchodzą w siatki przestrzenne kryształów żelaza γ. W wyniku nagłego oziębienia, które następuje w czasie hartowania, po przekroczeniu punktu przemiany, turę martenzytu. Martenzyt jest strukturą wymuszoną, związaną z występowaniem dużych naprężeń w siatkach przestrzennych, a te naprężenia powodują wzrost natężenia powściągającego. Po wyżarzeniu, a więc po usunięciu struktury martenzytycznej, naprężenia w siatkach znikają i zanika również natężenie powściągające. Na rys. 4 przedstawiona jest zależność natężenia powściągającego, a na rys. 5 zależność pozostałości magnetycznej od zawartości węgla i obróbki cieplnej.



Rys. 4. Zależność natężenia powściągającego od zawartości węgla dla stanu żarzonego i hartowanego



Rys. 5. Zależność pozostałości magnetycznej od zawartości węgla dla stanu żarzonego i hartowanego

żelazo γ przechodzi z powrotem w żelazo α o ograniczonej rozpuszczalności w stosunku do węgla. Nadmiar węgla zostaje z siatek przestrzennych wyrzucony i występuje czę-

Stan, w którym stal węglowa znajduje się po zahartowaniu, jest niestały, a więc niestałe są również własności magnetyczne tych stali i wystarczy nieznaczne nagrzanie

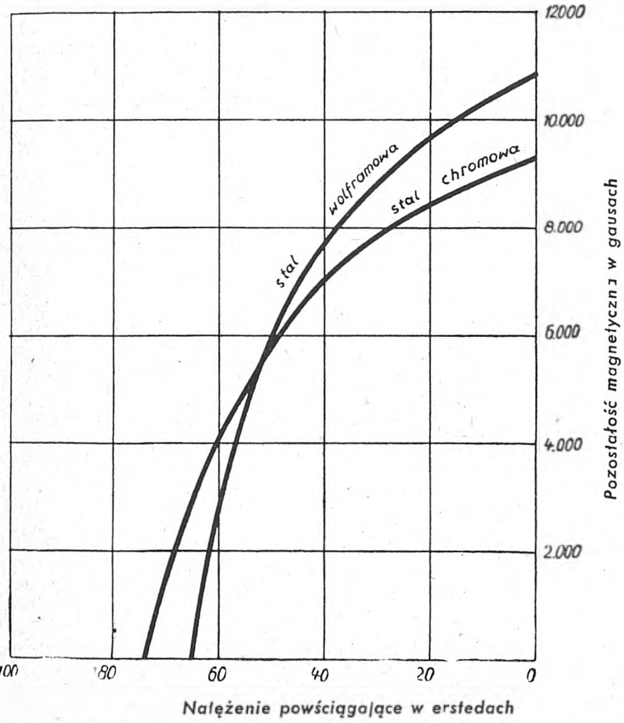
lub nawet poddanie stali wstrząsom, aby spowodować częściowe przywrócenie równowagi w siatkach przestrzennych, co pociąga za sobą spadek własności magnetycznych i nazywa się „starzeniem magnetycznym".

3. Stale magnesowe węglowe.

Zanim poznano lepsze tworzywa, a więc praktycznie do roku 1900, do wyrobu magnesów stosowano stale węglowe o zawartości węgla 1 do 1,5%. Stale te wykazywały po zahartowaniu natężenie powściągające do 50 erstedów. Obecnie nie używa się prawie zupełnie zwykłych stali węglowych do wyrobu magnesów trwałych zarówno ze względu na ich małą stałość magnetyczną, jak również na niską wartość natężenia powściągającego.

4. Stale wolframowe i stale chromowe.

Przez wprowadzenie do stali dodatku stopowego w postaci 6% wolframu uzyskano znaczny wzrost natężenia powściągającego, a mianowicie — z 50 erstedów dla stali węglowej na 70 erstedów dla stali wolframowej. Tworzące się węgliki wolframu działają podobnie jak węgliki żelaza w stalach magnesowych węglowych i rozpuszczają się w osnowie po nagrzaniu stali do temperatur wyższych, a następnie, jakby zamrożone w czasie hartowania w siatkach przestrzennych, powodują powstanie naprężeń, co pociąga za sobą wzrost natężenia powściągającego.



Rys. 6. Krzywe odmagnesowania stali magnesowej wolframowej (6% W) i stali magnesowej chromowej (4% Cr, 1% Si)

Jako najlepszy skład stali magnesowej wolframowej ustalono:

C	Mn	Si	Cr	W
0,6—0,75	0,3	0,2	max 1,0	5,5—6,5.

Własności magnetyczne stali wolframowej w porównaniu z 1-procentową stalą węglową są następujące:

	natężenie powściągające (Oe)	pozostałość magnetyczna (Gs)	$(BH)_{max} \cdot 10^6$
stal wolframowa 6% W	65—75	8000—9000	0,32
stal węglowa 1% C	50	7000	0,20

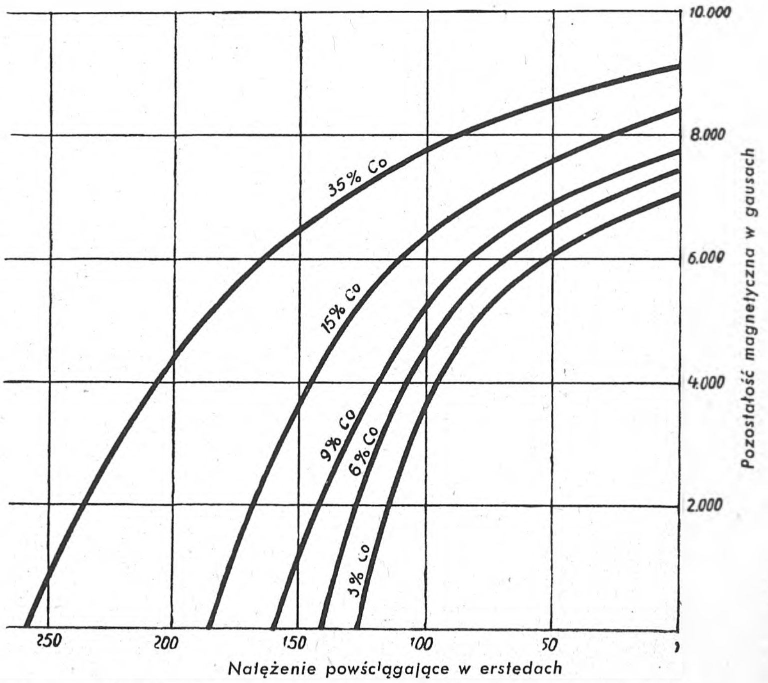
W okresie przedostatniej wojny państwa, którym brakowało wolframu, próbowały zastąpić go w stalach magnesowych chromem, co z dobrym skutkiem zastosowali przede wszystkim Niemcy. Przez zastosowanie dodatku 3—6% Cr uzyskali oni stal magnesową o własnościach magnetycznych bardzo zbliżonych do stali wolframowej — z bardzo małą obniżką pozostałości magnetycznej i prawie z tym samym natężeniem powściągającym. Istnieje szereg gatunków stali magnesowych chromowych, z których na wyróżnienie zasługują dwa gatunki o następujących analizach:

	C	Mn	Si	Cr
stal chromowa 3% Cr	1,0	0,5	0,4	3
stal chromowo-krzemowa 4% Cr	1,1	0,5	1,0	4

Gatunki te wykazują następujące własności magnetyczne:

	natężenie powściągające (Oe)	pozostałość magnetyczna (Gs)	$(BH)_{max} \cdot 10^6$
stal chromowa 3% Cr	70	7900	0,29
stal chromowo-krzemowa 4% Cr	80	8480	0,31

W stali magnesowej chromowej węgliki chromu Cr_3C_2 spełniają tę samą rolę w powstawaniu własności magnetycznych, co węgliki żelaza w stali magnesowej węglowej, względnie węgliki wolframu w stali magnesowej wolframowej. Stal magnesowa chromowa, wzgl. chromowo-krzemowa, mimo gorszych własności magnetycznych, znajduje za granicą szerokie zastosowanie i to ze względu na swą taniość oraz ze względu na małą wrażliwość na pękanie w czasie hartowania, gdyż hartuje się w oleju, podczas gdy magnesy ze stali wolframowej należy hartować w wodzie, co połączone jest zawsze z dużą ilością braków. Krzywe odmagnesowania stali wolframowej i chromowej przedstawione są na rys. 6.



Rys. 7. Krzywe odmagnesowania stali magnesowych kobaltowych z różną zawartością kobaltu

5. Stale kobaltowe.

Dalsze ulepszenia w stalach magnesowych zawdzięczamy Japończykom. W roku 1917 Honda i Tokei uzyskali stale magnesowe o znacznie większym natężeniu powściągającym przez dodanie do dotychczas używanych stali różnych zawartości kobaltu. Odkrycie wpływu kobaltu na wzrost natężenia powściągającego stało się podstawą do opracowania całego szeregu stali kobaltowych. Różni producenci stali magnesowych wysilali się ze względów konkurencyjnych na różne kombinacje stopowe, ale ostatecznie w tej dziedzinie nastąpiła jakby światowa normalizacja i powszechnie przyjęły się stale kobaltowe o następujących zawartościach kobaltu: 3, 6, 9, 15, 35%.

Wszystkie stale magnesowe kobaltowe posiadają dodatek chromu lub molibdenu.

Typowe składy chemiczne stali magnesowych kobaltowych oraz ich własności magnetyczne przedstawia tabl. I. Własności magnetyczne stali kobaltowych spowodowane są, podobnie jak stali chromowych i wolframowych, deforma-

cjami siatki przestrzennej z tą różnicą, że deformacje te w stalach kobaltowych są podwójne. Kobalt, wchodząc z żelazem w roztwór stały, wchodzi w siatki przestrzenne żelaza i powoduje ich deformację, która powiększa się wskutek naprężeń, wywołanych przez wydzielające się węgliki po zahartowaniu; z tego powodu stale magnesowe kobaltowe oprócz kobaltu zawierają odpowiednią ilość węgla i pierwiastka węglikotwórczego, jakim jest chrom wzgl. molibden.

Krzywe odmagnesowania stali kobaltowych przedstawione są na rys. 7.

Stale kobaltowe są kujne i można je obrabiać mechanicznie. Obróbka termiczna stali kobaltowych po zahartowaniu, celem uzyskania prawidłowego rozpuszczenia węglików, jest dosyć skomplikowana.

Tablica I. Skład i własności stali magnesowych kobaltowych

Stal kobaltowa	C	Cr	W	Mo	Co	Natężenie powściągające Oe	Pozostałość magnetyczna Gs	$(B.H)_{max} \cdot 10^6$
3%	1,0	3	0,5	—	3,0	115 — 130	7000 — 7500	0,35
6%	1,0	8	—	—	6,0	135 — 150	7200 — 7800	0,40
9%	1,0	8	—	1,0	9,0	150 — 170	7500 — 8200	0,52
15%	1,0	8	—	1,0 — 1,5	15,0	170 — 200	7800 — 8500	0,60
35%	1,0	5	—	1,0 — 1,5	35,0	230 — 270	8000 — 9500	0,95

6. Ogólne cechy stali na magnesy trwałe.

Dotychczas omawiane stale na magnesy trwałe charakteryzują się plastycznością na gorąco i mniej lub więcej dobrą obrabialnością na zimno, tak że magnesy można kształtować dowolnie bez większych trudności. Wszystkie omawiane stale nabywają korzystne właściwości magnetyczne dopiero po zahrtowaniu przez uprzednie rozpuszczenie węglików w temperaturach wysokich, a następnie wydzielenie ich w ultramikroskopijnym rozproszeniu przez zahartowanie, aby uzyskać w ten sposób naprężenie w siatkach przestrzennych. Żarzenie międzyoperacyjne, powodujące koagulację węglików i związaną z tym ich trudną rozpuszczalność w temperaturach wyższych, a tym samym utrudniające uzyskanie ultramikroskopowego rozproszenia węglików, nie może być dla żadnej stali magnesowej zalecone.

Własności magnetyczne stali magnesowych są ściśle związane z istnieniem struktury martenzytycznej i z chwilą jej zanikania, spowodowanego rozkładem martenzytu w temperaturach powyżej 100°, korzystne własności magnetyczne, klasyfikujące te stale jako tworzywo na magnesy trwałe, również zanikają.

7. Stopy na magnesy trwałe.

Drugą grupę tworzyw na magnesy trwałe stanowią stopy o bardzo niskiej zawartości węgla, w których źródłem własności magnetycznych są również naprężenia elastyczne siatek przestrzennych, wywołane wyłącznie występowaniem międzymetalicznych połączeń, wydzielających się w postaci ultramikroskopowego rozproszenia.

Pomiędzy tymi stopami dominującą rolę odgrywają potrójne stopy żelaza, glinu i niklu, wynalezione w roku 1931 przez Japończyka Mishimę. W wysokich temperaturach stale te tworzą jednorodną strukturę dzięki rozpuszczeniu się związków międzymetalicznych. Przez zahartowanie uzyskuje się jednorodny roztwór przesycony, z którego przez nagrzanie do temperatury około 600° zaczynają się wydzielać międzymetaliczne połączenia w ultramikroskopowym rozproszeniu, powodującym magnetyczne utwardzenie się, a więc wzrost natężenia powściągającego. Z tego zabiegu widać, że uzyskane w ten sposób własności magnetyczne stopów magnesowych muszą być stałe co najmniej do zastosowanej temperatury odpuszczania czyli do 600°.

Przy zastosowaniu kombinacji żelazo-nikiel-aluminium, najlepsze własności magnetyczne uzyskuje się przy stosowaniu stopów o zawartości 25—30% Ni, 10—15% Al, reszta żelazo. Typowym jest skład 29% Ni, 13,5% Al, 57,5% Fe.

Dalsze ulepszenie stopów magnetycznych nastąpiło w roku 1934 przez dodanie do stopów Al-Ni kobaltu i miedzi, dzięki czemu uzyskano wybitną poprawę własności magnetycznych. Otrzymany stop nazwany został stopem Al-Ni-Co, a najlepsze własności magnetyczne wykazuje stop o składzie około 18% Ni, 10% Al, 12% Co, 6% Cu, reszta żelazo.

Różni producenci, wyrabiający magnesy lane typu Al-Ni lub typu Al-Ni-Co, stosują różne drobne odchyłki od podanych typowych składów chemicznych, jednakowoż te odchyłki mają nieznaczny wpływ na osiągane własności magnetyczne i mają raczej znaczenie handlowe, jako argumenty w walce konkurencyjnej, niż znaczenie techniczne.

Tablica II. Skład i własności magnetyczne stopów izotropowych i anizotropowych

Nr. stopu	Stop	Stan	C_{max}	Ni	Al	Co	Cu	B_r (Gs)	H_c (Oe)	$(B.H)_{max} \cdot 10^6$
1	Al-Ni	izotrop	0,07	26,5	13	—	—	6200	550	1,25
2	Al-Ni-Co		0,07	22	12	3	—	7200	330	1,1
3	Al-Ni-Co	izotrop	0,07	27	13	4,5	3	5000	720	1,3
4	Al-Ni-Co	„	0,07	20	9	15	4,5	6900	660	1,6
5	Al-Ni-Co	anizotrop	0,07	20	9	15	4,5	8100	650	2,0
6	Al-Ni-Co	„	0,07	15	8,5	24	3,0	12000	600	4,5

Jak dokładnie wygląda mechanika nabywania dobrych własności magnetycznych przez stopy Al-Ni wzgl. Al-Ni-Co, nie jest jeszcze całkowicie wyjaśnione, ale na pewno ma się tutaj do czynienia z naprężeniami siatek w wyniku wydzielania się dyspersji połączeń międzykrystalicznych. Na tym odcinku praktyka znacznie wyprzedziła teorię. Cechą niewątpliwie charakterystyczną jest to, że stopy posiadają już bardzo dobre własności magnetyczne po odlaniu, a przez dalszą obróbkę termiczną następuje pewne ich poprawienie.

Dalszą cechą znamienną jest duża zależność własności magnetycznych od szybkości studzenia odlewów, jak również od studzenia po hartowaniu. Przez zastosowanie większych szybkości studzenia przy tej samej analizie uzyskuje się większą pozostałość magnetyczną. Możność regulowa-

nia własności magnetycznych tworzywa przez zmianę szybkości studzenia daje niewątpliwie konstruktorowi i wytwórcy magnesów możliwości swobodniejszego rozwiązywania różnych zagadnień.

Cechą znamienną całej grupy stopów jest to, że nie posiadają one plastyczności na gorąco i że nie można ich obrabiać sposobem wiórowym na zimno. Magnesy i ich stopy muszą być odlewane i obrabiane na zimno tylko przez szlifowanie.

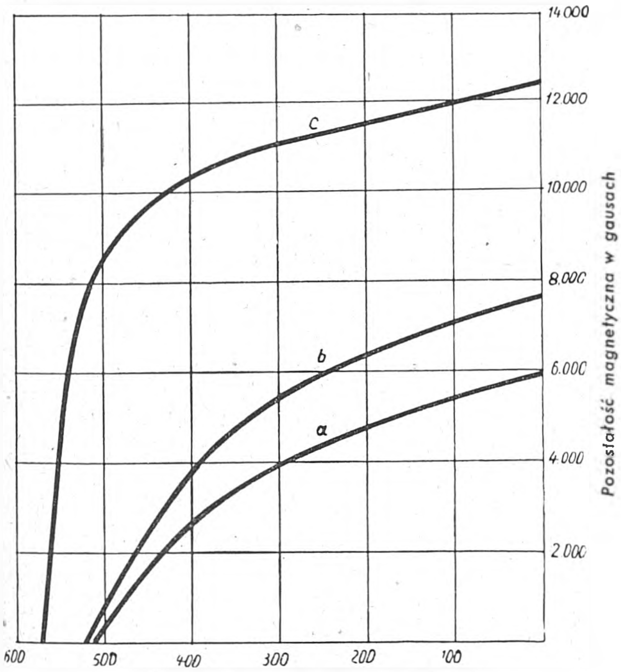
Trudność odlewania magnesów małych, poniżej 60 g wagi, dała impuls do opracowania trzeciej grupy tworzyw na magnesy trwałe w postaci proszków metalowych, z których otrzymuje się magnesy trwałe drogą prasowania i następującego po nim spiekania.

8. Stopy na magnesy anizotropowe.

Dotychczas rozpatrywane stale magnesowe, jak również stopy magnesowe typu Al-Ni i Al-Ni-Co, należą do grupy tworzyw izotropowych, tzn. takich, w których indukcja magnetyczna była jednakowa, niezależnie od kierunku osi magnesu do kierunku linii magnetycznych pola magnesującego.

Tworzywa magnetyczne anizotropowe odznaczają się tym, że indukcja magnetyczna jest zależna od kierunku osi magnesów w stosunku do kierunku linii magnetycznych pola magnesującego. Tę zależność uzyskuje się przez specjalną obróbkę cieplną, a mianowicie przez studzenie magnesów od temperatury 1200° w polu magnetycznym. Po zastosowaniu takiej obróbki cieplnej tworzywo wykazuje znacznie wyższe własności magnetyczne od tworzywa o tym samym składzie chemicznym, ale ostudzonego w normalnych warunkach. Zjawisko tłumaczy się tym, że w silnym polu magnetycznym, w wysokich temperaturach, kiedy kryształy są jeszcze plastyczne, następuje pod wpływem sił magnetycznych uporządkowanie cząstek i takie uporządkowanie cząstek w określonym kierunku nadaje tworzywu polepszone własności magnetyczne. Stosowane natężenie pola magnetycznego podczas studzenia waha się w granicach 3000 do 4000 erstedów, a prędkość studzenia wynosi 1—2,5° na sekundę.

Tablica II podaje typowe składy chemiczne stopów Al-Ni i Al-Ni-Co bez dodatku miedzi, Al-Ni-Co z dodatkiem



Rys. 8. Krzywe odmagnesowania stopów magnesowych
a — krzywa odmagnesowania stopu Al—Ni
b — krzywa odmagnesowania stopu Al—Ni—Co
c — krzywa odmagnesowania anizotropowego stopu Al—Ni—Co (Alcomax)

miedzi i Al-Ni-Co z dużą zawartością kobaltu (tzn. Al-Co-Max) oraz ich własności magnetyczne dla stanu izotropowego (studzenie zwykłe), jak i dla stanu anizotropowego (studzenie w polu magnetycznym).

Na rys. 8 krzywa *a* przedstawia krzywą odmagnesowania stopu Al-Ni (stop nr 1 w tabl. II), krzywa *b* krzywą odmagnesowania stopu Al-Ni-Co z dodatkiem miedzi (stop nr 4), a krzywa *c* przedstawia krzywą odmagnesowania stopu anizotropowego Al-Ni-Co z podwyższonym dodatkiem kobaltu i chłodzonego w polu magnetycznym (stop nr 6).

9. Magnesy spiekane.

Ze wzrostem energii magnetycznej nowoczesnych tworzyw na magnesy trwałe konstruktorzy magnesów byli zmuszeni do zmniejszenia wymiaru magnesów, co w połączeniu z trudnością obróbki mechanicznej stopów magnesowych spowodowało powstanie nowego zagadnienia: jak należy produkować magnesy małe?

Znakomitym wyjściem z tych trudności było wynalezienie metody produkcji magnesów trwałych o małych rozmiarach drogą prasowania sproszkowanych stopów przy użyciu odpowiedniego wiążnika lub też drogą prasowania magnesów z proszków metalowych albo sproszkowanych stopów i spiekanie prasówek w wysokich temperaturach.

Znany jest szereg metod produkcyjnych magnesów prasowanych z proszków. Najprostsza z nich polega na kruszeniu i rozdrabnianiu odpadów odlewniczych z magnesów lanych i prasowanie gotowych magnesów z uzyskanego proszku z dodatkiem tworzyw plastycznych. Normalnie stosuje się ziarna od 1 do 3 mm z dodatkiem około 5—6% wiążnika organicznego (żywicy) i prasuje się w temperaturze 180° C. Własności tak uzyskanych magnesów są jednak o ~ 30% niższe od własności magnesów lanych o tym samym składzie.

Przez zastosowanie spiekania prasowanych magnesów w temperaturach wyższych uzyskuje się magnesy spiekane o własnościach magnetycznych prawie dorownujących własnościom magnesów lanych. Ze względu na trudności prasowania sproszkowanych stopów magnetycznych, wynikające z nieplastyczności tych tworzyw, magnesy spiekane najczęściej wyrabia się z mieszanek sproszkowanego żelaza ze sproszkowanymi stopami aluminiowo-żelaznymi i aluminiowo-niklowymi. Mieszanki te prasuje się przy ciśnieniu około 8—15 t/cm² i spieka w temperaturze 1200 do 1350° w ciągu 1 do 40 godzin, w atmosferze redukującej, tj. w atmosferze wodoru dokładnie oczyszczonego ze składników utleniających, jak tlen, para wodna itp.

W wypadkach konieczności nadania magnesom spiekanym skomplikowanych kształtów po sprasowaniu stosuje się najpierw spiekanie wstępne w temperaturze około 1000°, następnie poddaje się spieki obróbce mechanicznej i po nadaniu im odpowiednich kształtów poddaje się je spiekaniu końcowemu we właściwej temperaturze spiekania. Spiekane magnesy poddaje się tej samej obróbce termicznej co magnesy lane, tj. hartuje się je od temperatury 1200° w wodzie, a następnie odpuszcza w temperaturze 600°. Podobnie jak przy magnesach lanych można i przy magnesach prasowanych spowodować anizotropię i znaczną poprawę własności magnetycznych przez spiekanie magnesów w polu magnetycznym.

10. Inne tworzywa na magnesy trwałe.

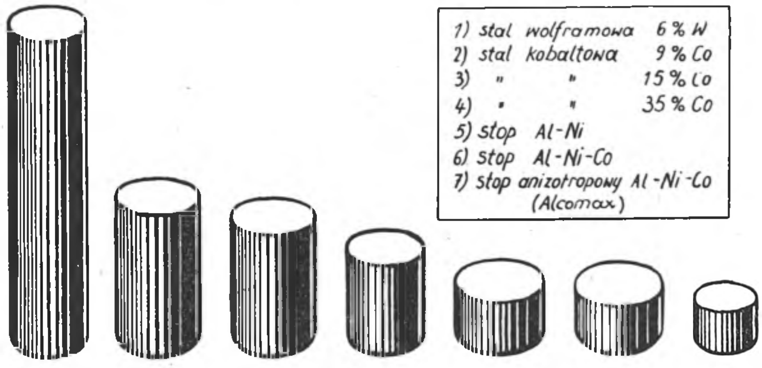
Omówione dotychczas tworzywa na magnesy trwałe nie wyczerpują wszystkich tworzyw nadających się do wyrobu tych magnesów. Istnieje szereg tworzyw o bardzo wysokich własnościach magnetycznych, a równocześnie o dobrych własnościach mechanicznych, jednak z różnych praktycznych względów są one rzadko stosowane, przeważnie ze względu na cenę, jak np. stop o charakterze $(BH)_{max} = 1,0\ 10^6$ przy $H_c = 300$ erstedów i $B_r = 9000$ gausów i o składzie chemicznym 52% Co, 10% Va i 38% żelaza (Vicalloy), lub stop o charakterystyce $(BH)_{max} = 1,55 \times 10^6$ przy $H_c = 550$ erstedów i $B_r = 340$ gausów o składzie chemicznym 60% Cu, 20% Ni, 20% Fe (Cunife I).

Dla porównania praktycznie stosowanych tworzyw na magnesy trwałe podano na rys. 9 proporcjonalny stosunek objętości magnesów, posiadających taką samą energię magnetyczną. Na rys. 10 podano charakterystykę postępu technicznego w dziedzinie produkcji tworzyw na magnesy trwałe od roku 1900.

11. Zakończenie.

Po zapoznaniu się z charakterystycznymi cechami tworzyw na magnesy trwałe i po dokonanym przeglądzie rozwoju tworzyw na magnesy trwałe w obcych krajach należy sobie zdać sprawę z tego, że produkcja tworzyw magnetycznych nie jest tylko sprawą zrobienia stopu o przepisanej analizie, ale jest również sprawą dostarczenia odbiorcy magnesów o konkretnych własnościach magnetycznych, na rozwiązanie zaś tego zagadnienia składają się następujące czynniki:

1) opanowanie techniczne maszynowego formowania odlewów ze stopów Al-Ni i Al-Ni-Co, silnie związane z doborem odpowiednich piasków formierskich oraz koniecznością



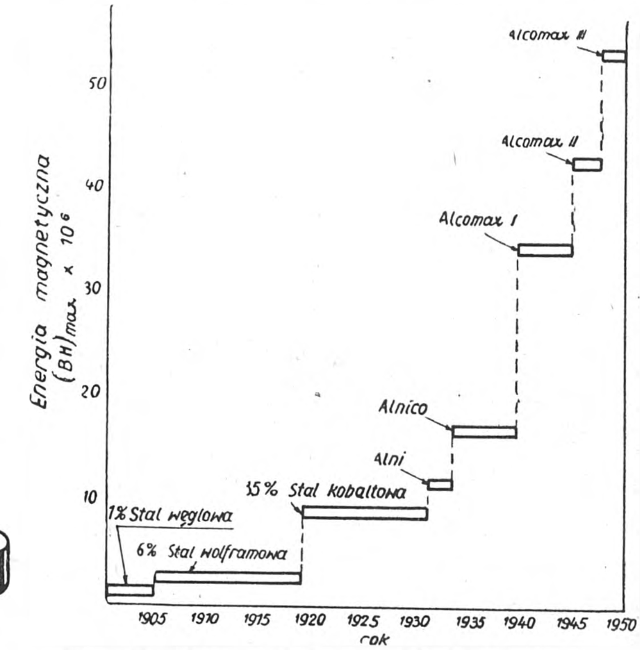
Rys. 9. Stosunek objętości magnesów o tej samej energii, wykonanych z różnych gatunków stali i stopów magnesowych

obniżenia naddatków do minimum ze względu na trudności dalszej obróbki mechanicznej;

2) opanowanie procesu metalurgicznego, na który składa się utrafienie właściwej analizy, opanowania odzysku składników stopowych z odpadów odlewniczych i opanowanie temperatur odlewania, wpływających w silnym stopniu na własności magnetyczne odlanych magnesów;

3) opanowanie obróbki mechanicznej stopów Al-Ni i Al-Ni-Co, które mogą być obrabiane tylko przez szlifowanie; nieodpowiedni dobór ziarna tarczy szlifierskiej, szybkości szlifowania i wielkości docisku powodują duże ilości braków, gdyż odlewy są kruche i posiadają duże naprężenia wewnętrzne;

4) opanowanie obróbki cieplnej, która jest podstawowym warunkiem dobrej jakości magnesów zarówno kutych, jak lanych i prasowanych; złe żarzenie międzyoperacyjne, powodujące koagulację węglików w stalach wolframowych i chromowych, nieodpowiednie hartowanie, powodujące występowanie w strukturze magnesów gotowych resztek austenitu, w wybitny sposób obniżają własności magnetyczne takich magnesów; podobne zjawiska występują również przy magnesach lanych, przy których zbyt gwałtownym studzeniem można spowodować znaczne pogorszenie natężenia powściągającego; przy stopach Al-Ni



Rys. 10. Historyczny rozwój jakości tworzyw na magnesy trwałe

i Al-Ni-Co można przez regulowanie szybkości studzenia podczas hartowania regulować w dosyć szerokim zakresie wartości B_r i H_c w zależności od potrzeb.

Jak widać z rozległości zagadnień metalurgiczno-metaloznawczych, związanych z uzyskaniem dobrych tworzyw na magnesy trwałe, huty stali szlachetnych najbardziej nadają się do produkcji tych magnesów.

LITERATURA

Alan Torry, Alun Edwards: Developments in modern magnet alloys (The Nickel Bulletin, March, 1950)
Raymond L. Sandford: Permanent Magnets, 1944
Darvius Limited Sheffield: Permanent Magnets, 1948
F. G. Spreadbury: Permanent Magnets, 1949
R. V. Picon: Les aimants, 1936
La fabrication des aimants permanents français
Les aciers fins et spéciaux français, Nr 4, 1950
Czopiwski, Malkiewicz, Stock: Współczesne tworzywa na magnesy trwałe (Hutnik, 1938)
Czopiwski, Kozłowski: Niklowo-glinowe tworzywa na magnesy trwałe z tytanem i molibdenem (Prace Badawcze Huty Baildon, zesz. IV, 1938)
W. Köster: Dauermagnetwerkstoffe auf der Grundlage der Ausscheidungshärtung (Stahl und Eisen, 1933, str. 849/56)
F. Pölzguter: Die neuere Entwicklung der Werkstoffe für Dauermagnete (Stahl und Eisen, 1935, str. 853)

Zadania techniki świetlnej w planie 6-letnim*)

Opracował Zakład Techniki Świetlnej GIELu.

1. Wstęp

Zadania 6-letniego planu rozwoju gospodarczego Polski są olbrzymie. Dość wspomnieć, że wartość produkcji przemysłowej w r. 1955 będzie 2,5 razy większa aniżeli w r. 1949, że produkcja energii elektrycznej na głowę ludności wzrośnie 6-krotnie w stosunku do r. 1938, że w ciągu 6-lecia zelektryfikujemy 8900 gromad wiejskich, że transport i komunikacja wzrosną przeszło dwukrotnie, że wybuduje się 723 000 izb mieszkalnych.

Oświetlenie elektryczne jest jednym z najpowszechniejszych zastosowań elektryczności i śmiało rzec można, że nie ma takiego zamierzenia w planie 6-letnim, w którym nie występowałoby zagadnienie oświetleniowe. Racjonalnego oświetlenia wymaga przemysł i górnictwo, szkoły, biura i szpitale, mieszkania w mieście i na zelektryfikowanej wsi, teatry, kina i świetlice, ulice, place i drogi, transport i komunikacja na lądzie, morzu i w powietrzu. Mamy więc olbrzymie pole do pracy. Pracę tę musimy wykonać, aby również na odcinku techniki świetlnej podstawowy warunek wykonania planu 6-letniego — postęp techniczny — został spełniony.

2. Obecna sytuacja na odcinku techniki świetlnej.

Jakie elementy składają się na to ogólne zagadnienie, które wiąże się z „techniką świetlną"?

Są to przede wszystkim: a) ludzie — kadry fachowców istniejące i tworzące się przez szkolenie, b) dokumentacja

*) Zgłoszono jako referat na I Krajową Konferencję Oświetleniową.

techniczna — literatura oświetleniowa polska i zagraniczna, c) laboratoria naukowo-badawcze wyższych uczelni i uniwersytetów, d) biura projektowe, e) przemysł produkujący sprzęt oświetleniowy (źródła światła, oprawy), f) przedsiębiorstwa wykonywające instalacje oświetleniowe, g) komórki konserwujące instalacje oświetleniowe.

Zanalizujmy kolejno te elementy.

a) Kadry fachowców. Że są bardzo szczupłe, wiemy dobrze. Zagadnieniem oświetlenia interesowało się przed wojną w Polsce bardzo skromne grono ludzi, związanych bądź z przemysłem żarówkowym oraz budową opraw oświetleniowych, bądź — od strony użytkownika — z projektowaniem specjalnych urządzeń oświetleniowych (np. Min. Komunikacji, zarządy miejskie). Na politechnikach oświetlenie elektryczne było i jest obecnie jedynie encyklopedycznie ujętym dodatkiem do wykładu o urządzeniach elektrycznych, co, oczywiście, nie zapewnia dopływu nowych kadr w dostatecznej ilości, gdyż przedmiot ten, podany w tak olbrzymim skrócie, nie może zainteresować szerszego grona studiujących, którzy tylko z przypadku zwykle zapoznają się z tą dziedziną bliżej w swej późniejszej pracy zawodowej.

Możemy zatem stwierdzić, że kadry nasze w chwili obecnej są bardzo szczupłe w stosunku do stojących przed nami zadań.

b) Dokumentacja techniczna. Sytuacja w naszej rodzimej literaturze oświetleniowej jest następująca: kilka artykułów w Przeglądzie Elektrotechnicznym, książka inż. Barana „Światło i praca", inż. Szalka „Jak oświetlać", książka prof. Żenczykowskiego o oświetleniu dziennym (wyczerpana) kilka prac przygotowanych do druku (Majkowski, Mazur, Felhorski, Oleszyński, Berson). Stan posiadania więcej niż skromny. Tu w sukurs przychodzi nam bogata literatura radziecka, obejmująca szeroki zakres zagadnień oświetleniowych, opracowana źródłowo i bardzo starannie. Biblioteki nasze mają również dość bogatą literaturę krajów zachodnich oraz kilka czasopism oświetleniowych. Pozwala nam to na dostateczne dokładne śledzenie postępu technicznego w dziedzinie techniki świetlnej na całym świecie.

c) Laboratoria naukowo-badawcze wyższych uczelni i instytutów. Wyższe uczelnie techniczne nie interesują się naogół zagadnieniami naukowymi z dziedziny techniki świetlnej. Większe zainteresowanie przejawiają tu raczej katedry fizyki doświadczalnej naszych uniwersytetów. Z instytutów naukowo-badawczych jedynie GIEl ma jako tako wyposażone laboratorium fotometryczne, służące zresztą i Politechnice Warszawskiej dla ćwiczeń studenckich z miernictwa oświetleniowego.

Laboratorium pozwalającego na studia nad oświetleniem dziennym nie mamy dotąd w Polsce.

d) Biura projektowe. W pierwszym okresie po wojnie projektowanie było w ręku prywatnych osób i było im zlecane przez użytkowników. Poziom projektów takich był częstokroć bardzo niski, czego użytkownik naogół nie mógł spostrzec nie zatrudniając u siebie specjalistów oświetleniowców. Projektant oświetlenia nie miał przy tym bezpośredniej styczności z projektantami innych urządzeń, ani z budowniczymi, przez co koordynacja projektów często szwankowała. Obecnie projektowanie jest zespolone w centralnych pracowniach, z których każda jednoczy grono fachowców. Gwarantuje to w sposób pewniejszy utrzymanie właściwego poziomu projektu i uzgodnienie różnych projektów między sobą. Trzeba więc tu stwierdzić znaczny postęp. Jednakże nie jest to wystarczające. Urządzenia oświetleniowe nieraz projektują osoby dobrze — być może — obeznane z techniką instalacyjną, natomiast nie mające głębszych wiadomości o technice oświetleniowej, spotyka się bowiem dotąd urządzenia wykonane szablonowo bez wniknięcia w charakter pracy. Rozplanowanie lamp nieskoordynowane z rozplanowaniem warsztatów jest na porządku dziennym. Spotyka się nie tylko urządzenia projektowane zbyt oszczędnie, ale i takie, którym można byłoby postawić zarzut marnotrawnego szafowania oprawami oświetleniowymi i energią elektryczną. Tak więc w dziedzinie projektowania urządzeń daje się odczuć brak fachowców jak w innych dziedzinach.

e) Przemysł produkujący sprzęt oświetleniowy. Sytuacja w naszym przemyśle oświetleniowym o ile jest zadawalająca w dziale źródeł światła, o tyle jest bardzo zła w dziale opraw oświetleniowych. Produkujemy w znacznych ilościach żarówki głównego szeregu o wysokiej jakości, rozpoczynamy produkcję różnych żarówek specjalnych. Rozpoczęliśmy z dobrym skutkiem produkcję lamp fluoryzujących. W r. 1955 przewiduje się wyprodukowanie 33 milionów żarówek oraz dużej ilości świetlówek, które całkowicie pokryją zapotrzebowanie krajowe. A jak wyglądają oprawy do tych źródeł światła? Spójrzmy na pierwszy lepszy klosz ze szkła mlecznego w oprawie zwieszakowej. Przypomina się tu określenie z przedwojennej reklamy — „prądożerca". Straty w kloszach produkcji naszych hut dochodzą do 50%, ich wygląd zewnętrzny jest gorzej niż zły. Asortyment produkowanych opraw oświetleniowych jest bardzo ubogi, a ich jakość pozostawia wiele do życzenia. Wielu typów opraw, jak np. do oświetlenia ulic, dla przemysłu, dla górnictwa, brak nam zupełnie. Mamy za to w wykonaniu i do rozprowadzenia 1 milion płaskich reflektorów (tzw. „daszków") do umocowania nad gołą żarówką. Stan ten należy uznać za katastrofalny.

f) Przedsiębiorstwa wykonywające instalacje oświetleniowe. Śledząc dalej tok sprawy oświetlenia obiektów, stwierdzimy, że projekt oddaje się do wykonania wraz z instalacją elektryczną przedsiębiorstwu budowlanemu pod dozorem osób, które znów naogół posiadają wszystkie kwalifikacje w dziedzinie instalacji elektrycznych, ale nie zawsze równe kwalifikacje w specjalnej dziedzinie techniki świetlnej.

Przyjmowanie wykonywanych urządzeń odbywa się w ten sposób, że sprawdzane jest działanie instalacji elektrycznej przez oględziny, obliczenie spadków napięć i z pomocą przyrządów (induktora, woltomierza). W ten sposób stwierdza się z wystarczającą pewnością, czy odpowiada ona przepisom i czy daje gwarancję nienagannego funkcjonowania, tj. czy będzie ona we właściwy sposób dostarczać energii elektrycznej do źródeł światła. Nikt nie uważałby za możliwe dokonać odbioru instalacji elektrycznej „na oko" bez tych obliczeń i bez żadnego przyrządu pomiarowego. Większość natomiast nie uważa za nieodzowne sprawdzić, czy końcowy efekt dla którego instalacja jest wykonana, a więc efekt oświetleniowy jest taki, jaki być powinien.

Ci sami ludzie, którzy nie przyjęliby urządzenia bez sprawdzenia oporności izolacji, nie uważają za nieodzowne sprawdzenia przynajmniej z pomocą luksomierza, czy rzeczywisty rozkład jasności nie odbiega od rozkładu założonego w projekcie i czy założenia projektu były słuszne, a więc czy oświetlenie jest przystosowane do charakteru wykonywanej czynności wzrokowej.

Ten stan rzeczy nie obciąża jednak osób przyjmujących urządzenie, ponieważ nie tylko nie mają one potrzebnych instrukcji i przepisów, ale nie mają one naogół do dyspozycji koniecznych luksomierzy, których się w kraju nie wytwarza, a które sprowadza się z zagranicy w ilościach tak małych, że nie wystarczają nawet dla potrzeb instytucji naukowych.

g) Komórki konserwujące instalacje owietleniowe. I temu zagadnieniu poświęcamy — jak dotąd — zbyt mało uwagi. Konserwator urządzenia oświetleniowego wkracza zwykle dopiero wtedy, gdy przepala się żarówka lub gaśnie świetlówka. O okresowym odkurzaniu i myciu opraw, bieleniu ścian i sufitów, kontroli napięcia na zaciskach lamp, stałym kontrolowaniu i ulepszaniu oświetlenia nie ma naogół kto myśleć i pamiętać. Brak zresztą instrukcji i wskazówek, jak tę akcję należy przeprowadzać. Nic więc dziwnego, że często dobra nawet początkowo instalacja oświetleniowa po roku pracy jest zupełnie niezadawalająca.

3. Zadania najpilniejsze.

W podsumowaniu powyższego możnaby scharakteryzować obecną sytuację techniki świetlnej u progu zadań, które ją czekają w planie 6-letnim: najsłabsze strony to kadry, oprawy i materiały do ich budowy (szkło, emalie, tłoczywa) oraz przyrządy kontrolne i konserwacja urządzeń.

Musimy sobie jasno i wyraźnie powiedzieć, że w tym stanie rzeczy zadań postawionych przed techniką świetlną przez plan 6-letni nie będziemy w stanie wykonać. Jak

więc należy się zmobilizować i jakie przedsięwziąć kroki, aby sytuację poprawić i nie zawieść oczekiwań? Wskażemy najpilniejsze.

Szkolenie kadr fachowców. Należy dążyć do przywrócenia w szkołach inżynierskich na wydziale elektrycznym przynajmniej dwuch godzin wykładu podstaw techniki świetlnej. Na kursie magisterskim politechnik należy utworzyć katedry techniki świetlnej, które szkoliłyby specjalistów — oświetleniowców w zakresie budowy źródeł światła, opraw oświetleniowych, techniki oświetlenia, miernictwa oświetleniowego. Na wydziałach architektury należy rozszerzyć zakres wykładu o oświetleniu dziennym, uzupełniając go podstawowymi wiadomościami z dziedziny fizjologii widzenia i klimatu świetlnego. W instytutach naukowo-badawczych (G. I. El., I. T. B. C. I. O. P., G. I. D. N. T.) należy rozszerzyć i pogłębić prowadzone prace naukowe z dziedziny techniki świetlnej, gromadzić dokumentację techniczną, czuwać nad postępem technicznym w krajach przodujących, a zwłaszcza w Związku Radzieckim i U. S. A. Przez tłumaczenia dzieł zagranicznych oraz przez prace oryginalne należy powiększać skromną literaturę oświetleniową w języku polskim. Należy rozpocząć wydawanie czasopisma oświetleniowego, poruszającego zagadnienia oświetlenia dziennego i sztucznego (elektrycznego, gazowego, naftowego, karbidowego itp.). Należy popularyzować zagadnienia techniki świetlnej przez organizowanie kursów i konferencji, urządzanie wystaw stałych i objazdowych, przez wydawnictwa popularne i filmy propagandowe. Należy popierać w jak najszerszym zakresie racjonalizatorstwo w dziedzinie techniki świetlnej przez utworzenie poradni dla racjonalizatorów w tej dziedzinie (np. przy G. I. El.), przez urządzenie konkursów na najlepsze rozwiązanie zagadnień oświetleniowych itp.

Jako inicjatora tych zagadnień u odpowiednich władz i instytucji dla ich realizacji widzielibyśmy Polski Komitet Oświetleniowy przy S. E. P.

Rozpoczęcie produkcji szerokiego asortymentu dobrych opraw oświetleniowych. Jedną z głównych przyczyn obecnych poważnych braków na tym odcinku jest brak należycie zorganizowanego biura studiów i projektów opraw oświetleniowych. Koniecznością wydaje się zorganizowanie w pionie C. Z. P. El. takiego biura, które mogłoby uzupełnić asortyment typów opraw oświetleniowych dla żarówek i lamp wyładowczych, asortyment konieczny dla naszego przemysłu, górnictwa, komunikacji. Zadaniem tego biura powinno być również unowocześnienie i zracjonalizowanie opraw obecnie produkowanych. Biuro studiów i projektów opraw oświetleniowych winno współpracować z Zakładem Techniki Świetlnej G. I. El.

Zgodnie z aktualnymi tendencjami produkcja opraw technicznych pozostanie przy C. Z. P. El. (Zakłady Wytwórcze Aparatury Oświetleniowej, Fabryka Aparatury Specjalnej, Fabryka Urządzeń Sygnałowych), gdy oprawy ozdobne (żyrandole, lampy biurkowe, nocne) będą produkowane przez przemysł miejscowy.

Centralne Biuro Studiów i Projektów Opraw Oświetleniowych winno opracowywać racjonalne oprawy dla obu tych wykonawców. Winno posiadać zarówno fachowców techniki świetlnej, jak i architektów i plastyków fachowców dekoracji wnętrz, specjalizujących się w oprawach oświetleniowych ozdobnych. Biuro powinno współpracować z Biurem Nadzoru Estetyki Produkcji.

Dla umożliwienia wykonania dostatecznej ilości opraw oświetleniowych technicznych nie obejdzie się bez utworzenia przynajmniej jeszcze jednej — dużej — fabryki tych opraw w łonie C. Z. P. El., fabryki wyposażonej w dobrą emaliernię i srebrzarnię szkła, a nastawionej wyłącznie na produkcję opraw oświetleniowych technicznych. Konieczne jest również wybranie w C. Z. P. Mineralnego przynajmniej jednej huty szkła, która by się wyspecjalizowała w produkcji dobrego szkła oświetleniowego (matowego, mlecznego, profilowego, barwnego).

Przemysł miejscowy musi również zorganizować się i nastawić na większą produkcję opraw ozdobnych dla zaspokojenia rosnących potrzeb szerokich mas, które dążą stale do coraz wyższego poziomu kulturalnego dzięki nowym warunkom stworzonym dla człowieka pracy przez ustrój socjalistyczny.

Prace naukowo-badawcze i naukowo-techniczne. Przed instytutami naukowo-badawczymi stoi rozległe zagadnienie zbadania wpływu rodzaju oświetlenia na wydajność pracy, na jej higienę, bezpieczeństwo i opracowanie na podstawie tych badań szczegółowych instrukcji, dotyczących projektowania, wykonywania, użytkowania i konserwacji urządzeń oświetleniowych.

W dziale oświetlenia dziennego powinny być prowadzone stałe badania klimatu świetlnego przynajmniej w trzech szerokościach geograficznych (południe, środek, północ kraju) dla ustalenia najkorzystniejszej w naszych warunkach minimalnej jasności zewnętrznej, przyjmowanej do obliczeń jasności we wnętrzach.

W dziale oświetlenia sztucznego prowadzić należy badania wpływu rodzaju i barwy światła, kontrastów i cienistości w różnych przypadkach pracy wzrokowej na ilość i jakość produkcji.

Należy zbadać pod względem celowości istniejący asortyment opraw oświetleniowych, dążyć do osiągnięcia jak największej sprawności opraw produkowanych przez dobór właściwej konstrukcji i materiałów, oraz uzupełnić obecnie produkowany asortyment opraw najbardziej celowymi i potrzebnymi typami.

Należy przeprowadzać badania nad materiałami stosowanymi w technice świetlnej, przy budowie źródeł światła i przy malowaniu wnętrz i urządzeń produkcyjnych celem ustalenia warunków technicznych na te materiały i wskazówek ich użycia.

Należy doskonalić metody pomiarowe fotometrii obiektywnej i subiektywnej, potrzebne do przeprowadzania wyżej wymienionych badań.

Należy opracować typ luksomierza dla produkcji krajowej — w formie przyrządu do powszechnego użytku.

Racjonalizacja istniejących urządzeń. Stan urządzeń oświetleniowych w istniejących zakładach pracy w Polsce jest na ogół niezadawalający. Racjonalizacja tych urządzeń jest jednym z najpilniejszych zadań, stojących przed oświetleniowcami. Dla przeprowadzenia racjonalizacji w sposób właściwy pożądane byłoby utworzenie specjalnego zakładu racjonalizacji oświetlenia, którego zadaniem byłaby inwentaryzacja istniejących urządzeń oświetleniowych w zakładach pracy, przeprojektowanie urządzeń i wykonanie samej instalacji na zlecenie zakładu pracy. Ze względu na specjalny charakter tych prac słuszną rzeczą wydaje się stworzenie specjalnej komórki, która by sprawę załatwiała od początku do końca.

Podniesienie poziomu prac projektowych. W biurach projektowych — zarówno architektonicznych jak i instalacji elektrycznych — należy zwrócić baczniejszą uwagę przy projektowaniu urządzeń oświetleniowych na ich właściwe rozwiązania. Komisje oceny projektów winny szczegółowo analizować projekty nie tylko z punktu widzenia racjonalności instalacji elektrycznej, ale i z punktu widzenia racjonalności rozwiązań urządzeń oświetleniowych tj. ich dostosowania do charakteru pomieszczeń i wykonywanej w nich pracy.

Zorganizowanie właściwej konserwacji urządzeń oświetleniowych. Należy dążyć do opracowania — zwłaszcza dla zakładów przemysłowych oraz zewnętrznych instalacji oświeleniowych — instrukcji, która by podawała sposoby i zakres koniecznej stałej konserwacji urządzeń oświetleniowych. U kompetentnych władz należy uzyskać poparcie i wydanie zarządzeń, dotyczących organizacji przy zakładach pracy komórek, których obowiązkiem byłoby czuwanie nad stanem urządzeń oświetleniowych (zarówno oświetlenia dziennego, jak i sztucznego).

Wymieniliśmy najważniejsze punkty, wymagające poprawienia stanu obecnego techniki świetlnej dla wykonania zadań planu 6-letniego na odcinku oświetleniowym. Nie wątpimy, że w dyskusji, która się na ten temat wywiąże, zagadnienie zostanie rozwinięte i wielostronnie oświetlone. Sądzimy, że wynikiem tej dyskusji będzie uchwalenie przez I Krajową Konferencję Oświetleniową dezyderatów, w których będą zawarte najpilniejsze i najważniejsze zadania, stojące przed nami dla realizacji planu 6-letniego.

JÓZEF ROLIŃSKI

Podstawowy wzorzec fotometryczny*)

Treść. Opisane są trzy modele podstawowego wzorca fotometrycznego, opartego na promieniowaniu ciała czarnego w temperaturze krzepnięcia platyny (2047°K).

Основной фотометрический эталон. Описаны три образца основного фотометрического эталона, пользующегося излучением абсолютно черного тела при температуре плавления платины (2047° K).

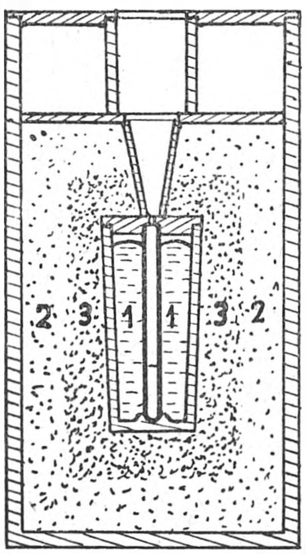
Basic photometric standards. A description of three models of basic photometric standards based on the radiation of a black body in the solidification temperature of platinum (2047° K).

Wstęp. Spośród wzorców różnych jednostek miar podstawowy wzorzec jednostki fotometrycznej należy do tych, które są trudne do realizacji. Nic dziwnego, że w rozwoju historycznym takich wzorców spotykamy się z bardzo różnymi ich typami, jak np. lampy z płomieniem gazowym, żarówki elektryczne różnych rodzajów i wreszcie ostatnio ciało doskonale czarne. Oparcie nowoczesnych pomiarów na źródle, promieniującym według praw ciała czarnego, znajduje swoje uzasadnienie w tym, że prawa te są doskonale znane teoretycznie i że zostały one potwierdzone na drodze doświadczalnej. Także ważnymi czynnikami przy wprowadzaniu tego wzorca były uzyskane ostatnio postępy zarówno w technice wytwarzania wysokich temperatur, jak i w technice pomiarowej tych temperatur. Toteż Komitet Międzynarodowy Wag i Miar (Comité International des Poids et Mesures) jeszcze w 1930 roku przyjął ciało czarne w temperaturze krzepnięcia platyny jako podstawowy wzorzec fotometryczny.

Na Sesji Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej w 1948 roku zaproponowano dla jednostki światłości nazwę „kandela". Jaskrawość ciała doskonale czarnego w temperaturze krzepnięcia platyny w kierunku normalnym do powierzchni wynosi 60 kandeli na centymetr kwadr.**).

Jako przykład podstawowego wzorca fotomerycznego opiszemy tu istotną część aparatury, którą posługiwali się Wensel, Roeser, Barbrow i Caldwell w Bureau of Standards (Journal of Research of the Bureau of Standards, 1931, str. 1103) oraz różniącą się w niektórych szczegółach aparaturę M. H. Willenberga (Physikalische Zeitschrift, 1939, 40, str. 391—394), jaką posługiwano się w Physikalisch Technische Reichsanstalt. Również opiszemy wzorzec państwowy ZSSR.

Aparatura Bureau of Standards. Dla zmniejszenia ryzyka na skutek zanieczyszczeń metalu podczas jego topienia autorzy ogrzewali platynę indukcyjnym prądem



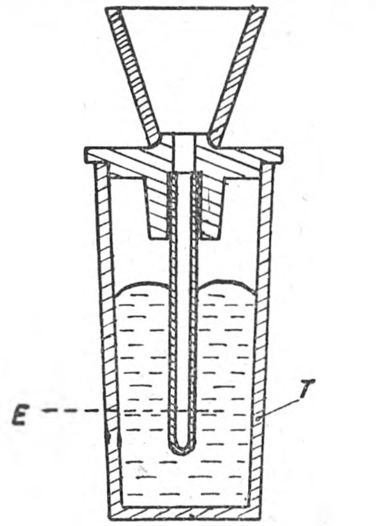
Rys. 1. Ciało czarne w punkcie zestalenia platyny (Wensel, Roeser, Barbrow i Caldwell)
1 — platyna
2 — tlenek toru nietopiony
3 — tlenek toru topiony i potem tłuczony

szybkozmiennym wielkiej częstotliwości w tyglu z tlenku toru. Czystość używanej platyny kontrolowano pomiarami jej oporności elektrycznej. Stosunek oporności przy 1000°C i przy 0°C nie powinien być mniejszy od 1,390.

*) Referat zgłoszony na I Krajową Konferencję Oświetleniową.
**) Ob. Przegląd Elektrotechniczny, 1949, zesz. 10/11/12, str. 403.

Ciało czarne (rys. 1) stanowi rurka z tlenku toru (ten sam materiał, z którego jest wykonany tygiel) o średnicy wewnetrznej 2,5 mm i o grubości ścianek od 0,25 mm do 0,50 mm. Dno rurki jest wypełnione proszkiem z tlenku toru do wysokości od 10 do 15 mm. Na rysunku podany jest przekrój podłużny ciała czarnego. Średnica wewnętrzna tygielka wynosi na dole 17 mm, a na górze 22 mm, głębokość 45 mm. Przykrywka jest wykonana tak samo z tlenku toru; w jej górnej części w środku znajduje się otworek o średnicy mniejszej o 0,8 mm od średnicy wewnętrznej rurki. Powyższy tygielek umieszczony był wewnątrz cylindra, widocznego na rysunku. Pomiędzy tygielkiem a cylindrem zewnętrznym nasypany jest proszek z tlenku toru nietopionego w większej odległości od tygielka, a w pobliżu niego proszek z topionego i tłuczonego tlenku toru. Otoczenie tygielka takimi materiałami jest korzystne ze względu na izolację cieplną, a także ze względu na zabezpieczenie przed wyciekaniem platyny z wnętrza tygielka w wypadku, gdy powstaną drobne rysy i pęknięcia w ścianach tygielka, co zdarza się dość często.

Inne szczegóły konstrukcji widoczne są na rysunku. Cała ta aparatura była umieszczona w piecu indukcyjnym. Po roztopieniu metalu następowało jego silne mieszanie pod wpływem szybkiego doprowadzania energii elektromagnetycznej prądu indukowanego, która zamienia się na ciepło. Pomiar fotometryczny odbywał się w czasie przemiany fazy platyny ze stanu ciekłego do stanu stałego. W czasie pro-

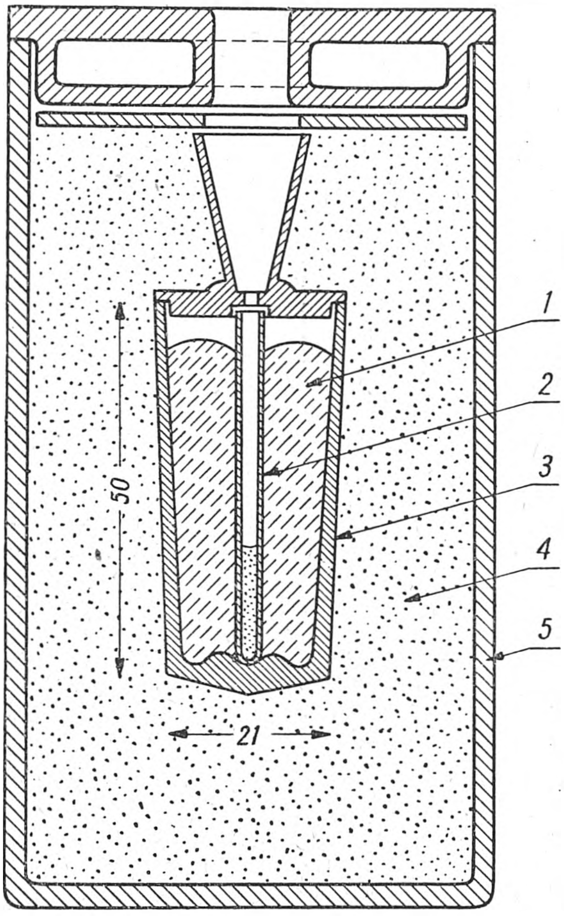


Rys. 2. Aparatura P. T. R.

cesu zestalenia doprowadzanie energii do pieca indukcyjnego było dość intensywne. Czyniono to w tym celu, aby światłość tego źródła (ciała czarnego) pozostawała stała w czasie co najmniej 3 minut.

Aparatura Physikalisch Technische Reichsanstalt. Na rys. 2 przedstawiony jest przekrój podłużny wewnętrznej części aparatury, za pomocą której realizuje się ciało czarne. Tygiel z tlenku toru kształtu z lekka stożkowego, zwężającego się nieco ku dołowi, wypełniony jest do około 3/4 wysokości chemicznie czystą platyną. W przykrywkę tygla wtłoczona jest w środku rurka, zakończona półkulistym denkiem, wykonana z tlenku toru. Średnica wewnętrzna rurki wynosi 2 mm, grubość ścianek około 0,6 mm. Głębokość zanurzenia rurki w platynie wynosi około 23 mm. Osadzony w górnej części przykrywy stożek służy do osłony wnętrza rurki od bocznych prądów powie-

trza. Ciałem czarnym jest dolna część wnętrza rurki, otoczona masą platyny, posiadającej przy bardzo wolnym



Rys. 3. Przekrój podłużny wzorca fotometrycznego ZSRR
1 — platyna
2 — rurka z tlenku toru
3 — naczynie ze stopionego tlenku toru
4 — masa z tlenku toru
5 — naczynie kwarcowe

chłodzeniu w całej swej masie jednakową temperaturę. Dokładne pomiary pirometryczne, nawiązane do punktu złota, wykazały, że zestalenie platyny odbywa się w temperaturze 2047° K.

Aparatura optyczna. Wiązka promieni, wychodząca z dolnej części rurki z tlenku toru, ma kierunek pionowy. Pomiary fotometryczne na ogół odbywają się przy poziomym biegu promieni. Dla uzyskania takiego kierunku promieni używa się prostokątnego pryzmatu o całkowitym odbiciu wewnętrznym z przyklejoną do niego soczewką achromatyczną. Dla zmniejszenia ilości powierzchni, na których światło odbija się i rozprasza, celowe jest użycie takiego pryzmatu prostokątnego, w którym jedna ściana ma powierzchnię wypukłą. Taki układ optyczny działa jak pryzmat o całkowitym wewnętrznym odbiciu, a jednocześnie jak soczewka.

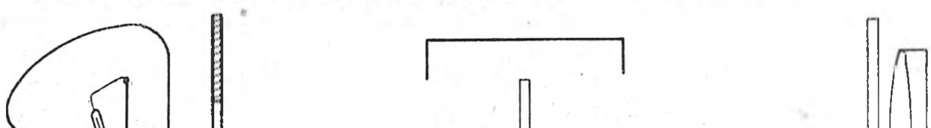
Wiązka promieni po przejściu przez taki pryzmat-soczewkę tworzy na ekranie fotometru obraz powiększony części wewnętrznej rurki z tlenku toru.

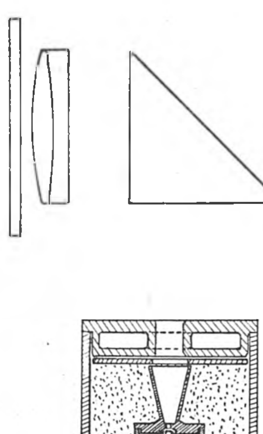
Do fotometrowania używa się tylko małej powierzchni o średnicy około 5 mm. Ta część ekranu jest oświetlona tylko przez promienie, które wychodzą z dolnej części rurki poniżej płaszczyzny E, natomiast promieniowanie z części środkowej i górnej rurki nie jest objęte procesem fotometrowania, ponieważ nie zostaje ono odwzorowane na ekranie fotometru.

Nowy państwowy wzorzec ZSRR. Nad realizacją nowego wzorca fotometrycznego były ostatnio prowadzone we Wszechzw. Naukowo-Badawczym Instytucie Meteorologicznym im. Mendelejewa w Leningradzie. Pracami tymi kierował prof. P. M. Tichodiejew. Wyniki tych bardzo starannych i systematycznych prac doprowadziły do realizacji podstawowego wzorca fotometrycznego, który pod względem jakości co najmniej nie ustępuje najlepszym wzorcom fotometrycznym, zrealizowanym w innych krajach. Na rys. 3 przedstawiony jest przekrój podłużny takiego ostatnio wykonanego wzorca ZSRR. Jak widać z rysunku, różni się on nieznacznie od wzorca NBS, jest natomiast łatwiejszy w wykonaniu i dogodniejszy przy rozbieraniu (demontażu). Kwarcowe naczynie zewnętrzne otoczone jest zwojnicą, stanowiącą część obwodu drgającego pieca indukcyjnego wielkiej częstotliwości.

Strumień świetlny wychodzi pionowo z wnętrza rurki, trafia na pryzmat i po odbiciu kieruje się poziomo; po przejściu przez soczewkę achromatyczną trafia na ekran głowicy fotometru, jak przedstawiono na rys. 4. Łatwo jest zogniskować obraz na podstawie wyraźnego obrazu pierścieniowej krawędzi otworu. Brzegi tego otworu wydają się prawie ciemne (w rzeczywistości świecą się na jasnym tle rozżarzonego wnętrza rurki, wykonanej z topionego tlenku toru).

Lampa widoczna z lewej strony rysunku przeznaczona jest do wzorcowania. Można ją przesuwać wzdłuż ławy optycznej dla uzyskania jednakowo oświetlonych pól w głowicy fotometru.





Rys. 4. Rozmieszczenie przyrządów do prac pomiarowych z podstawowym wzorcem fotometrycznym

Za pomocą powyższych podstawowych wzorów fotometrycznych otrzymuje się wzorce wtórne w postaci żarówek o określonym kształcie i wymiarach, przeznaczone dla potrzeb fotometrii praktycznej.

MGR JERZY GIERULA

Metody techniczne wyznaczania rozkładu przestrzennego strumienia świetlnego*)

Treść. Omówione są metody pomiaru światłości kierunkowej źródeł światła dla określenia ich brył fotometrycznych. Opisany jest aparat samorejestrujący konstrukcji autora.

Технические способы получения пространственного распределения светового потока. Обсуждаются методы измерения силы света источника в определенном направлении с целью определить фотометрическую поверхность. Описан саморегистрирующий аппарат конструкции автора.

Technical methods for determining the distribution of luminous flux in space. The article deals with directional photometry of lighting sources in order to determine their candle-power distribution solid. A description is given of a recording instrument designed by the author.

1. Uwagi ogólne.

Znajomość rozkładu przestrzennego strumienia świetlnego źródeł światła gra ważną rolę w zagadnieniach techniki oświetleniowej oraz przy wyznaczaniu całkowitego strumienia świetlnego źródła, mającego być wzorcem dla fotometrów całkujących (np. dla kuli Ulbrichta).

Zagadnienie pomiaru rozkładu przestrzennego strumienia świetlnego składa się zasadniczo z dwóch części: 1) wyznaczenie względnych stosunków światłości jako funkcji kątów ϑ i φ, określających kierunek, promienia świetlnego w biegunowym układzie współrzędnych, 2) wyznaczenie bezwzględnej światłości dla jednego kierunku, które pozwala na wyrażenie rozkładu uzyskanego według p. 1 w ogólnie przyjętych jednostkach.

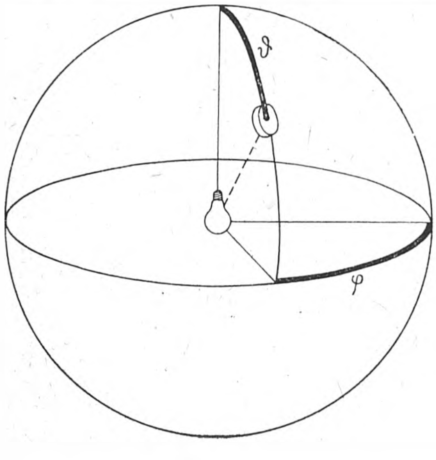
Zagadnienie wymienione w p. 2 należy do podstawowych pomiarów fotometrii i nim bliżej zajmować się tu nie będziemy; natomiast pomiar według p. 1 jest typowym pomiarem względnym, pozwalającym na posługiwanie się fotometrami obiektywnymi w rodzaju ogniwa fotoelektrycznego czy komórki fotoelektrycznej. Posiada to wielkie znaczenie ze względu na możność wyeliminowania oka ludzkiego w tych niezmiernie uciążliwych pomiarach, pamiętajmy bowiem, że do wyznaczenia rozkładu przestrzennego dla źródła nie wykazującego żadnej symetrii należy dokonać pomiaru natężenia światła mniej więcej w 400 kierunkach (co 10^0).

Istnieją trzy zasadnicze możliwości wyznaczenia rozkładu przestrzennego:

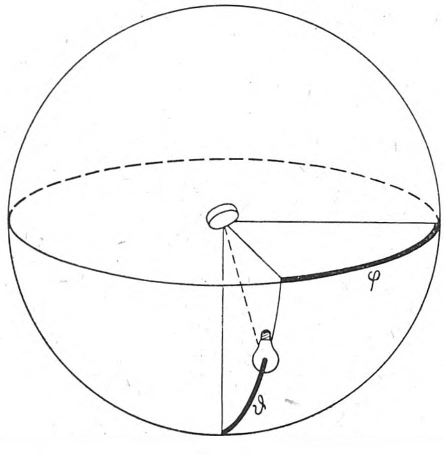
1) ustalone badane źródło światła i wędrujący element fotometrujący (rys. 1),

2) ustalony element fotometrujący i wędrujące z zachowaniem przestrzennej orientacji badane źródło (rys. 2),

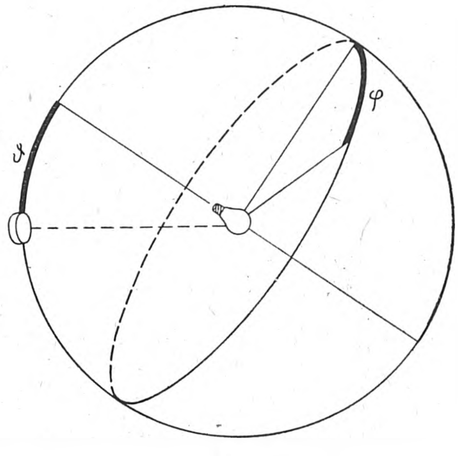
3) ustalony element fotometrujący i ustalone badane źródło, zmieniające swą orientację przestrzenną (rys. 3).



Rys. 1

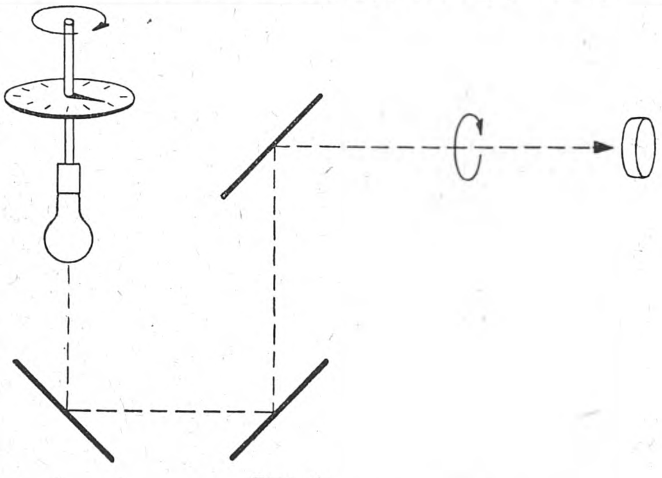


Rys. 2

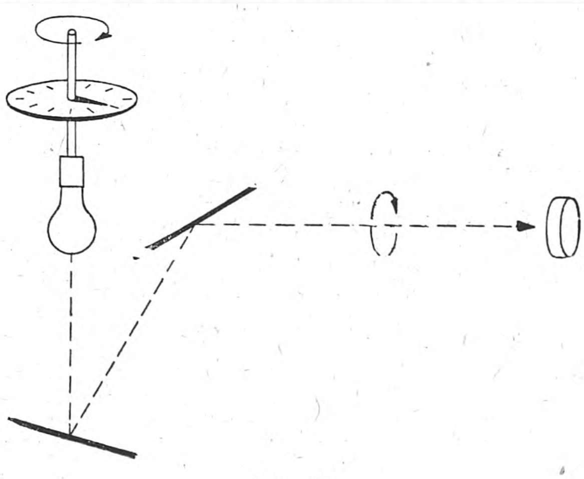


Rys. 3.

Wypadki 1 i 2 pociągają za sobą wielkie rozmiary i nieporęczność aparatury; możliwość 3 natomiast nie da się zastosować do źródeł światła, których strumień świetlny zależy od ich położenia w stosunku do pionu. A przecież nawet żarówki wykazują tę zależność. Te dwie niedogodności wyznaczają właściwy kierunek rozwoju metod technicznych wyznaczania rozkładu przestrzennego strumienia świetlnego.



Rys. 4a



Rys. 4b

Elementem fotometrującym w każdym ze wspomnianych wypadków może być dowolny typ fotometru. Najdogodniej

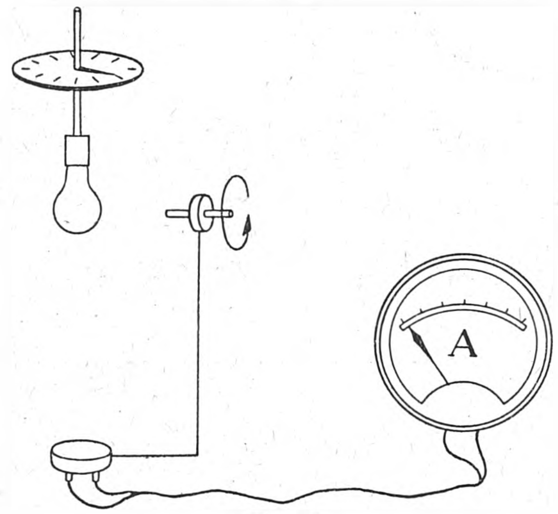
*) Zgłoszono jako referat na I Krajową Konferencję Oświetleniową.

jest użyć ogniwa fotoelektrycznego zaporowego w połączeniu z galwanometrem o małym oporze. W tym wypadku natężenie prądu (a zatem i wychylenie galwanometru) jest proporcjonalne do strumienia świetlnego padającego na ogniwo.

2. Przegląd metod.

Metoda obracających się zwierciadeł. Źródło badane jest zamocowane na głowicy obracalnej wokół osi pionowej. Trzy lub dwa zwierciadła (rys. 4a i 4b) związane sztywno ze sobą pozwalają na skierowanie wiązki światła wzdłuż osi fotometru. Jedno ze zwierciadeł zasłania zarazem fotometr od promieni wychodzących bezpośrednio ze źródła. Obracanie układu zwierciadeł wokół osi fotometru umożliwia zdjęcie rozkładu strumienia świetlnego w kierunku południkowym (ϑ), obracanie głowicy natomiast pozwala na pomiar pod dowolnym azymutem bez zmiany orientacji źródła w stosunku do pionu. Usunięcie zwierciadeł daje możliwość bezpośredniego porównania badanego źródła ze wzorcem i nawiązania do jednostek bezwzględnych. Metoda ta jest typowym przykładem połączenia wypadków 1 i 3, dającym bardzo wygodne rozwiązanie techniczne. Zaznaczyć należy, że wprowadzenie zwierciadeł polaryzuje częściowo światło. W wypadku, gdy światło źródła jest już częściowo spolaryzowane, wprowadza to błędy do pomiaru. W praktyce jednak błędy te są tak małe, że można je pominąć.

Bezpośrednia metoda fotoelektryczna. Podobne, ale znacznie prostsze urządzenie przedstawia rys. 5. Ogniwo



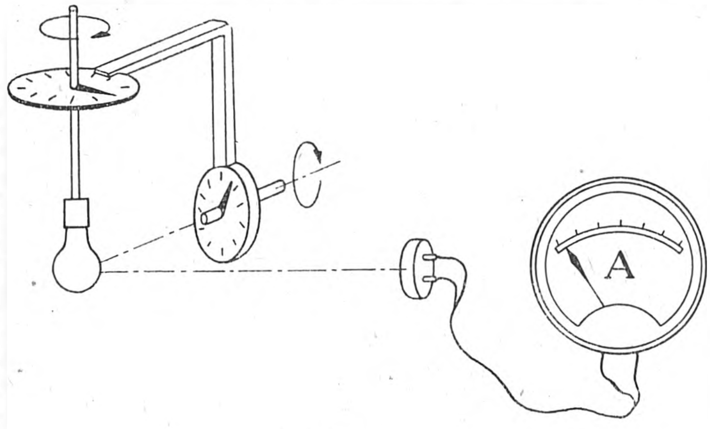
Rys. 5

fotoelektryczne, umieszczone na ruchomym ramieniu w dość znacznej odległości od źródła, pozwala na bezpośrednie mierzenie rozkładu w kierunku południkowym. Ruchoma głowica dopuszcza, jak w poprzednim aparacie, na zmianę azymutu.

Ruchoma głowica. W wypadku, gdy źródło dopuszcza zmiany orientacji w stosunku do pionu, najwygodniej jest posługiwać się podwójnie ruchomą głowicą (rys. 6), będącą realizacją wypadku 3. Głowica taka w połączeniu z ogniwem fotoelektrycznym umieszczonym w stałej odległości stanowi najprostsze i poręczne urządzenie do badania rozkładu przestrzennego.

Aparaty oparte na zasadzie 2. Aparaty te posiadają dzisiaj już raczej historyczne znaczenie. Nie wnikając więc w szczegóły opiszemy pobieżnie ich działanie. Istniały dwa typy. W pierwszym źródło światła, umieszczone na ruchomym ramieniu stale pionowo (lampy gazowe), było fotometrowane w różnych położeniach za pośrednictwem zwierciadła, umieszczonego na osi obrotu i kierującego promienie wzdłuż tej osi. Typ drugi pozwalał na wyznaczanie rozkładu tylko w ograniczonym zakresie kątów. Badane źródło przesuwano po pionowej płaszczyźnie za pomocą urządzenia przypominającego dźwig. Fotometr umieszczony w stałej odległości od tej płaszczyzny kierowano każdorazowo na źródło. Wskazania fotometru musiały być korygowane ze względu na zmieniającą się odległość źródła (dla różnych kątów).

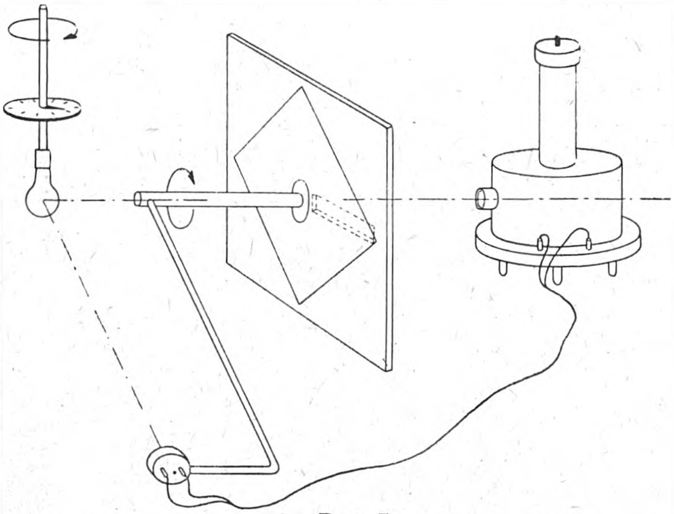
Ogólna charaktyrystyka powyższych metod. Wszystkie opisane wyżej metody polegają na mierzeniu strumienia świetlnego w wielu wybranych kierunkach. W praktyce sprowadzają się one do ustawienia badanego źródła w kilkuset pozycjach i do tyluż nastawień i odczy-



Rys. 6

tów fotometru lub w najlepszym wypadku — przy użyciu ogniwa fotoelektrycznego — do kilkuset odczytów stanu galwanometru. Są to więc czynności bardzo nużące swą jednostajnością i długotrwałością. Ta długotrwałość wymaga też dobrej stałości warunków pracy. Np. przy żarówkach konieczna jest stabilizacja napięcia i ciągła jego kontrola. Od wszystkich tych wad wolna jest opisana poniżej metoda samoczynna, dająca całkowicie obiektywne wyniki w formie gotowego wykresu.

Aparaty samorejestrujące. Pierwszy taki aparat zaopatrzony w stos termoelektryczny opisał W. Voege (ETZ 29.49.1908). Tu zajmiemy się bliżej aparatem zbudowanym przez autora w Pracowni Fotometrycznej Instytutu Fizycznego U. J. w Krakowie (rys. 7). Na osi aparatu, obracanej motorkiem elektrycznym za pośrednictwem przekładni ślimakowej, osadzone jest z jednej strony ramię dźwigające ogniwo fotoelektryczne, a z drugiej kaseta z papierem światłoczułym. Kaseta znajduje się we wnętrzu pudła zaopatrzonego w wąską szczelinę. Naprzeciw szczeliny stoi gal-



Rys. 7

wanometr zwierciadlany połączony z ogniwem fotoelektrycznym. Plamka świetlna galwanometru może posuwać się wzdłuż szczeliny, naświetlając odpowiednie miejsca papieru fotograficznego. Badana żarówka umieszczona jest naprzeciw ogniwa na przedłużeniu osi przyrządu. Ogniwo, obiegając wkoło żarówkę w czasie 2 minut, powoduje wychylenie plamki galwanometru i kreśli tym samym krzywą rozkładu kierunkowego na poruszającym się poza szczeliną papierze. Pomocnicza żarówka oświetla szczelinę błyskiem światła, gdy papier wykręci się o 10°. W ten sposób na papierze powstaje biegunowy układ współrzędnych z nakreśloną w nim krzywą rozkładu dla jednego południka.

Obrót żarówki wokół osi pionowej daje możliwość zdjęcia tej krzywej dla dowolnych azymutów. Wymiana kasety obrotowej na posuwającą się w górę i w dół ruchem sinusowym daje bezpośrednio krzywą Rousseau bez uprzedniego zdejmowania krzywej rozkładu kierunkowego. Jak wiadomo, planimetrowanie krzywej Rousseau daje nam całkowity strumień świetlny badanego źródła.

Szczegóły budowy tego aparatu będą ogłoszone w jednym z najbliższych numerów Acta Physica Polonica.

Zaznaczyć należy, że większość używanych w praktyce źródeł światła posiada symetrię osiową. Z tego też względu przy wyznaczaniu rozkładu przestrzennego strumienia świetlnego można się ograniczyć do niewielu kierunków azymutalnych, ewentualnie można już w czasie pomiarów całkować na wszystkie azymuty. Całkowania tego dokonamy, obracając w czasie pomiaru badane źródło wokół osi symetrii z taką prędkością, by fotometr dawał już wrażenie stałości oświetlenia. Gdy zdejmuje się krzywą rozkładu przy pomocy ogniwa fotoelektrycznego, należy użyć galwanometru o okresie wahań znacznie dłuższym od okresu obrotu źródła. Niestety, metoda ta ma niewielkie zastosowanie w dokładnych pomiarach, ponieważ obracanie np. żarówki (szczególnie wypełnionej gazem) ma wpływ na jej strumień świetlny. Sprawa doprowadzenia prądu przez ruchome pierścienie też wprowadza tutaj dodatkowe źródło niepewności.

INŻ. RAJMUND USTYNOWICZ

Zastosowanie w technice świetlnej odbłysków wykonanych przez odparowanie metali w próżni*)

T r e ś ć. Autor ocenia oszczędności energii elektrycznej, możliwe do uzyskania przy zastąpieniu żarówek z reflektorami żarówkami z wewnętrznym odbłyskiem metalowym. Omawia sposoby nakładania odbłysków, wybór metali na odbłysk i wybór kształtu bańki.

Применение в осветительной технике отражателей, получаемых методом испарения металла в пустоте. Автор оценивает экономию электрической энергии, достижимую при замене ламп накаливания с обычным наружным отражателем лампами с внутренним металлическим отражателем. Обсуждаются способы наложения отражающей поверхности, выбор металла для этой цели и выбор формы ламповой колбы.

The application in l:ghting techn:que of reflectors made by evaporating metals in a vacuum. The article contains an evaluation of savings in electric energy likely to be achieved by replacing lamps fitted with separate reflectors by lamps with an inner reflecting coating. The author deals with the methods of applying the coating, the selection of metals for the coating and of the shape of the bulb.

1. W s t ę p. W większości wypadków strumień świetlny żarówki kierowany jest na przedmiot oświetlany przy pomocy odbłysków. Odbłyski te mogą być częścią oprawy lub też być nałożone bezpośrednio na ściankę bańki żarówki. Odbłyski pierwszego typu szeroko obecnie stosowane wykazują szereg wad w porównaniu z odbłyskami drugiego typu. Do wad tych należą: a) trudność otrzymania powierzchni możliwie gładkiej, wymagającej długiego szlifowania i polerowania; b) konieczność zabezpieczenia odbłysku przed wpływami atmosferycznymi, brudem i uszkodzeniami mechanicznymi. Wad tych unikamy przy stosowaniu odbłysków typu drugiego, przy czym odbłyski te mogą być nałożone na zewnętrzną lub wewnętrzną stronę szkła bańki.

T a b l i c a I. Porównanie kosztów metody chemicznej i metody przez odparowanie

Metoda	Metal	Roczna wydajność szt.	Amortyzacja urządzeń zł	Robocizna + koszty pośr. zł	Materiały*) zł	Koszt zł/szt.	Powierzchnia warsztatu m²
Chemiczna	srebro	270 000	40 000	3 240 000	800 000	16,5	20
Odparowanie	„	270 000	100 000	540 000	370 000	3,9	5
„	aluminium	270 000	100 000	540 000	80 000	2,7	5

*) Dane dla baniek o średnicy 75 mm.

T a b l i c a II. Porównanie srebrzenia z aluminiowaniem

	Przygotowanie szkła	Rozpylenie metalu	Próżnia	Zmywanie części lustra	Przechowywanie metalizowanych baniek	Odporność na temperaturę przy zatapianiu	Trwałość lustra zatopionego	Wpływ temperatury skrętki
Srebrzenie	identyczne	trudniejsze	ślady rtęci dopuszczalne	nie wpływa na jakość lustra	nie wpływa na jakość lustra	nie wpływa na jakość lustra	mniejsza niż aluminiowego	dopuszczalna mniejsza temperatura dla lustra srebrnego
Aluminiowanie		łatwiejsze	ślady rtęci bardzo szkodliwe	pogarsza jakość lustra	zaleca się krótkie przechowywanie		większa niż srebrnego	

Uwagi poniższe mają za zadanie wskazać na możliwości otrzymania znacznych oszczędności energii elektrycznej drogą szerokiego stosowania normalnych żarówek głównego szeregu, zaopatrzonych w wewnętrzny odbłysk metalowy.

2. W y b ó r m e t o d y n a k ł a d a n i a o d b ł y s k ó w. Od dawna znana jest metoda chemicznego pokrywania szkła przez wytrącanie metalu z roztworu jego soli. W praktyce metoda ta była stosowana przede wszystkim do srebrzenia. Jest jednak kosztowna, gdyż wymaga dużej robocizny i jest bardzo trudna do zmechanizowania; poza tym nie pozwala na użycie takich metali jak aluminium.

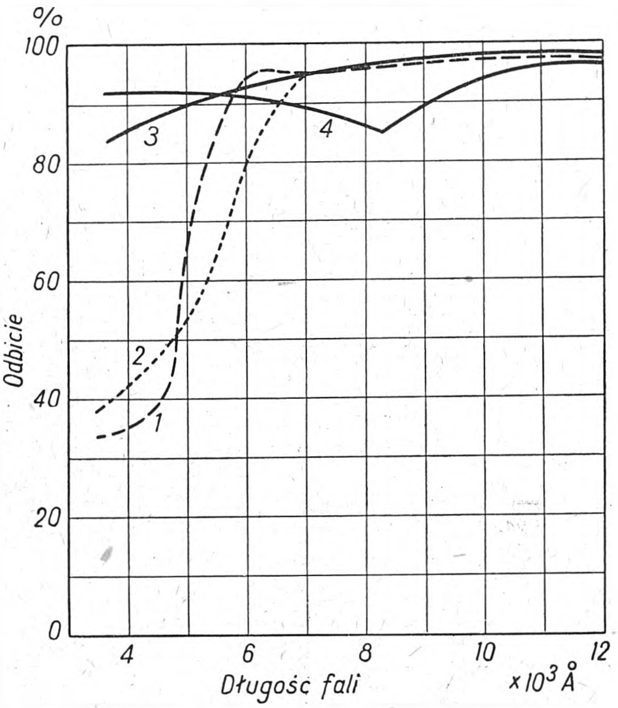
*) Zgłoszono jako referat na I Krajową Konferencję Oświetleniową.

Od kilkunastu lat wprowadzono do przemysłu lampowego nową metodę polegającą na metalizowaniu baniek szklanych przez odparowanie metalu w próżni. Para metalu kondensując się na ściance bańki pokrywa ją warstewką o dającej się łatwo regulować grubości. Metoda ta pozwala na używanie na odbłyski dowolnych metali nie wyłączając aluminium. Trudności powodowałoby jedynie stosowanie metali trudnotopliwych, jak np. platyny, wolframu, molibdenu, metali tych jednak normalnie nie używa się do wykonania odbłysków.

Dalszymi zaletami omawianej metody są: oszczędności materiału użytego na odbłysk (co w wypadku srebra może mieć znaczenie), łatwość mechanizacji procesu, a w związku z tym małe zapotrzebowanie robocizny. Koszt urządzeń — wyższy w porównaniu z metodą chemiczną — wyrównuje się znacznie większą wydajnością (tabl. I).

Po uwzględnieniu kosztów dodatkowej obróbki baniek oraz zwiększonego odpadu produkcyjnego cena własna żarówki zwiększy się o ~ 5—6% przy metodzie przez odparowanie wobec ~ 20—25% przy metodzie chemicznej.

3. Wybór metalu używanego na odbłysk. Na podstawie rys. 1 można przyjąć, że w rachubę wchodzą srebro lub aluminium. Z metalami tymi konkurować będzie



Rys. 1. Zdolność odbijania światła dla różnych metali
1 złoto
2 miedź
3 srebro
4 aluminium

dla odbłysków żarówek — przeznaczonych do wytwarzania promienii podczerwonych — miedź.

Wybór między aluminium i srebrem przez producenta żarówek nie jest łatwy, gdyż w grę wchodzi szereg czynników ubocznych, przemawiających za jednym lub drugim metalem. Czynniki te zostały podane w tablicy II. Tablica ta przemawia raczej za wyborem srebra, zapewniającego mimo wyższej ceny większą sprawność i trwałość odbłysku.

4. Wybór kształtu bańki. Kształt bańki, tworzącej równocześnie swą powierzchnią odbłysk, posiadą dla końcowego rezultatu bardzo duże znaczenie. Trzeba podkreślić, że stosowanie odbłysków wewnętrznych nie pozwoli prawdopodobnie na zmniejszenie objętości bańki, ku czemu dążą niektóre zagraniczne fabryki żarówkowe. Ponadto zalecałoby się zwiększenie maksymalnej średnicy bańki w porównaniu z bańkami normalnymi, w celu utworzenia szerokokątnego odbłysku parabolicznego. Wymagać to będzie opracowania nowych typów baniek dla żarówek na 40 W, 60 W, 100 W, 150 W i 300 W. Wykonywanie odbłysków w żarówkach na 15 i 25 W, które — jak wiadomo — są wyrabiane jako próżniowe, nie może być zalecone ze względów techniczno-produkcyjnych. Wydaje się rzeczą celową wykonywanie przednich płaszczyzn żarówek z odbłyskami jako matowanych (wg nowej metody przez pokrycie SiO_2) lub rowkowanych.

Produkcja powinna objąć również żarówki o lustrowanej czaszy dolnej, przeznaczone do oświetlenia pośredniego.

5. Korzyści wynikające ze stosowania żarówek z odbłyskiem. Dla udowodnienia korzyści,

Tablica III. Oświetlenie biurka

Źródło światła	Średnia jasność na powierzchni arkusza A4 w odległości 1 m od lampy
Lampa 1063 z reflektorem, żarowka na 60 W	320 lx
Żarówka na 60 W z odbłyskiem	450 lx
Żarówka na 40 W z odbłyskiem	310 lx

które wynikną ze stosowania żarówek z odbłyskami, wykonano szereg prób, których wyniki podane są w tabl. III, IV. Wyniki te wskazują na możliwości oszczędzania

Tablica IV. Oświetlenie warsztatu

Źródło światła	Średnia jasność na powierzchni 4 m² w odległości 3 m od lampy
Oprawa warszt., żarówka na 200 W	80 lx
Żarówka na 200 W z odbłyskiem	125 lx
Żarówka na 150 W z parab. odbł.	95 lx

energii elektrycznej dzięki stosowaniu żarówek o mniejszych mocach. Dalsze oszczędności wynikną z możności produkcji tańszych i prostszych opraw.

W sprawie oszczędności energii elektrycznej można przyjąć, że dzięki stosowaniu baniek z odbłyskami nakładanymi uda się użycie żarówek mniejszej mocy przeciętnie o 40 W. Przyjmując możliwości zainstalowania 500 000 takich żarówek o czasie świecenia 1000 godz. w roku, otrzymamy oszczędności 500 000 × 1000 × 0,04 = 20 milionów kWh rocznie.

6. Urządzenie do metalizowania baniek żarówkowych. W jednym z zakładów podległych CZPE jest obecnie budowana maszyna do metalizowania baniek konstrukcji autora. Wydajność tej karuzelowej 8-pozycyjnej maszyny, przeznaczonej przede wszystkim do aluminiowania baniek, wyniesie około 150 szt./godz., co pozwoliłoby na roczną produkcję 270 000 żarówek z odbłyskami wewnętrznymi. Maszyna wyposażona jest w pompy próżniowe rotacyjne oraz w dwie pompy dyfuzyjne olejowe, pozwalające na osiągnięcie próżni rzędu 10^{-5} mm Hg.

Grzejnik służący do odparowania aluminium wykonany jest z wolframu o średn. 1,2 mm. Drut wolframowy zwinięty jest w spiralę w kształcie koszyczka. Odparowywane aluminium wkłada się do koszyczka w formie folii o grubości 0,02 mm. Zastąpienie normalnie używanego grzejnika wolframowego spiralnego grzejnikiem typu koszyczkowego oraz użycie zamiast drutu folii aluminiowej pozwoli na bardzo duże oszczędności czasu na manipulacje przy zakładaniu metalu.

Zużycie aluminium na wykonanie dostatecznie grubego lustra wynosi 2 mg/cm².

INŻ RAJMUND USTYNOWICZ

Organizacja wytwórczości reklam świetlnych w Polsce (szkic projektu)*)

T r e ś ć. Ekonomiczne znaczenie stosowania rur świetlących do celów dekoracyjnych i reklamowych. Normalizacja wytwórczości rur i formy organizacyjne przedsiębiorstwa instalacyjno-konserwatorskiego na potrzeby reklam świetlnych.

Эскизный проект организации рекламного освещения. Экономическое значение применения газосветных трубок для декоративных и рекламных целей. Нормализация производства трубок и организационные формы предприятия для монтажа установок и ухода за ними.

Draft project for the organisation of the production of luminescent advertising signs in Poland. The economic importance of using luminescent tubes for decorative and display purposes. Standardisation of the manufacture of tubes and organisational forms of installation and maintenance enterprises for luminous advertising equipment.

Liczne reklamy neonowe zainstalowane w większych miastach Związku Radzieckiego i krajów demokracji ludowej wskazują na to, że reklamy świetlne nie są związane z istnieniem konkurujących prywatnych przedsiębiorstw handlowych czy przemysłowych. Reklam świetlnych używają również przedsiębiorstwa uspołecznione, zmienił się jedynie ich cel: przestały być one wabikiem, mającym skłonić klienta do kupna przedmiotu, reklamowanego tym jaskrawiej i więcej, im mniejsza była wartość. W gospodarce uspołecznionej „neon" wskazuje wyraźnie miejsce zakupu, przypomina odbiorcy o przedmiotach godnych polecenia, stanowi wreszcie motyw dekoracyjny wielkiego miasta. Należy pamiętać o tym, że większość czasu, który spędza przeciętny człowiek pracy na ulicach miasta przypada na godziny po zachodzie słońca, kiedy fasady domów i szyldy magazynów giną w mroku. W dążeniu do nadania miastu estetycznego wyglądu nie powinno się o tych godzinach zapominać, a przeciwnie — piękne rozwiązania architektoniczne podkreślać przez artystycznie zaprojektowane reklamy neonowe.

Dalszym terenem, na którym rury neonowe mogą znaleźć szerokie zastosowanie, to oświetlenie wnętrz wielkich magazynów, kawiarni, restauracji, kin i sal rozrywkowych. W tych pomieszczeniach rury neonowe mogą stać nie tylko źródłem pięknego i związanego architektonicznie z całością oświetlenia, ale mogą obniżyć koszty instalacji i eksploatacji oświetlenia.

Wreszcie nie należy zapominać o czysto użytkowych zastosowaniach neonów. Rury neonowe, będąc źródłem czerwonego jaskrawego światła, znajdują zastosowanie w specjalnym wykonaniu do oświetlenia lotnisk, portów, przeszkód terenowych itp.

Obawa o wzrost konsumcji energii elektrycznej jest nieistotna, reklamy świetlne są bowiem bardzo skromnymi konsumentami: na przykład reklama o łącznej długości 10 m rur pobiera zaledwie około 0,3 kW. Zakładając więc w dużym mieście istnienie 500 reklam o przeciętnej długości 10 m, otrzymamy wzrost mocy odbiorników o 150 kW, a więc o wartość bez większego znaczenia dla obciążenia elektrowni.

Nowoczesna technika oświetleniowa pozwala na budowanie jasnych różnokolorowych reklam bez uciekania się do stosowania drogich szlachetnych gazów. Argon, gaz używany do produkcji żarówek, z dodatkiem około 0,5‰ azotu i pary rtęci pozwala przy użyciu proszków fluoryzujących nałożonych na wewnętrzną ściankę rurki na otrzymywanie dowolnej niemal ilości kolorów i odcieni. Sprawność rur wyniesie przy tym od 15 do 40 lm/W w zależności od temperatury otoczenia. Zastosowanie tak jasnych źródeł światła pozwoli na zmniejszenie mocy lamp ulicznych, co w pewnym nawet stopniu zmniejszy wzrost zapotrzebowania energii podany poprzednio.

Instalacja reklamy świetlnej składa się z następujących elementów:

1. rur jarzeniowych ułożonych w litery lub pewne ozdoby,
2. obudowy rur wraz z oprawkami,
3. transformatora podwyższającego napięcie,
4. zabezpieczeń i kondensatorów,
5. przewodów wysokonapięciowych.

Racjonalna gospodarka wymaga możliwie jak najdalej idącej normalizacji poszczególnych elementów reklamy. Normalizacja ta powinna jednak umożliwiać indywidualne rozwiązania według życzeń projektodawców wzgl. odbiorców.

Ze względu na możliwości seryjnej produkcji całkowicie znormalizowane muszą być transformatory. Liczba typów transformatorów da się według źródeł zagranicznych ograniczyć w praktyce do pięciu — sześciu. Jak najdalej idącej normalizacji mogą ulec również przewody, wyłączniki, kondensatory, zabezpieczenia i oprawki.

Trudności normalizacyjne napotkamy dopiero w samych rurach i ich obudowach. Konieczny tu będzie pewien kompromis i obok produkcji kilku czy kilkunastu normalnych typów liter i takich ozdób, jak łuki, proste linie, koła itp., konieczne jest umożliwienie pewnych odchyleń. To samo dotyczy również i odbudowy liter wykonywanej zazwyczaj z blachy.

Charakter produkcji i instalacji, jak również konieczność opieki i konserwacji urządzeń czynnych, narzuca z góry podział czynności między przedsiębiorstwa państwowe i spółdzielcze.

Centralne przedsiębiorstwo z grupy państwowych zajęłoby się opracowaniem znormalizowanych typów wymienionych wyżej elementów, a dalej produkcją znormalizowanych liter i obudowy. Objęłoby ono również produkcję urządzeń pomocniczych (pompy próżniowe, palniki) i części rur jarzeniowych jak np. elektrody i oprawki. Dalej do zadań centralnego przedsiębiorstwa należałoby szkolenie fachowców oraz opracowywanie i produkcja seryjna takich rur, jak np. znaki sygnalizacyjne. Produkcja transformatorów, przewodów itd. zostałaby rozdzielona między odpowiednie fabryki przemysłu elektrotechnicznego.

Instalacją rur znormalizowanych, wykonywaniem instalacji specjalnych i konserwacją istniejących zajęłyby się licencjonowane przez zakład centralny spółdzielnie pracy.

Ścisła łączność spółdzielni rozrzuconych w terenie z centralnym zakładem zapewniłaby zaopatrzenie placówek w jednakowy sprzęt, wyszkolenie fachowców, dostawę gotowych elementów znormalizowanych, jak i wysokogatunkowych półfabrykatów.

Spółdzielnie liczące przeciętnie 5—9 członków powstawałyby w dużych miastach i obejmowałyby swym zasięgiem pewien określony teren.

*) Zgłoszono jako referat na I Krajową Konferencję Oświetleniową.

Przedwojenny polski przemysł był w wielu dziedzinach poważnie zacofany i uzależniony w olbrzymim stopniu od obcego kapitału, który hamował proces ulepszania produkcji w Polsce i wzmagał zależność od zagranicznych koncernów.

Istotną treścią naszego planu 6-letniego jest potężne, niespotykane w dotychczasowej historii rozwoju gospodarczego naszego kraju podniesienie poziomu sił wytwórczych w oparciu o najbardziej nowoczesną i wysoką technikę. Dotyczy to zarówno przemysłu, jak rolnictwa, dotyczy to wszystkich dziedzin naszej gospodarki narodowej.

B. Bierut

DR INŻ. STANISŁAW BLADOWSKI

Oświetlenie elektryczne w kopalniach węgla*)

Treść. Konieczność ulepszenia oświetlenia wyrobisk w kopalni w związku z przeprowadzaną mechanizacją procesów wydobycia węgla. Opis i krytyka stosowanych obecnie w przemyśle węglowym opraw i sposobów oświetlania podziemia kopalni, wytyczne prawidłowego oświetlenia i budowy opraw oświetleniowych kopalnianych. Projekt norm jasności i równomierności oświetlenia miejsc pracy w kopalniach. Bielenie obudowy. Oświetlenie miejsc pracy w przodku przy pomocy lamp fluoryzujących.

Электрическое освещение в каменно-угольных копях. Необходимость улучшения освещения в местах разработки в связи с механизацией добычи угля. Описание и критика применяемых ныне в каменноугольной промышленности типов арматуры и способов освещения подземелья; указания относительно правильного освещения и конструкции осветительной арматуры. Проект нормализации освещенности и равномерности освещения в тех местах копей, в которых производятся работы. Побелка поверхностей. Освещение передних рабочих мест при помощи флуоресцентных ламп.

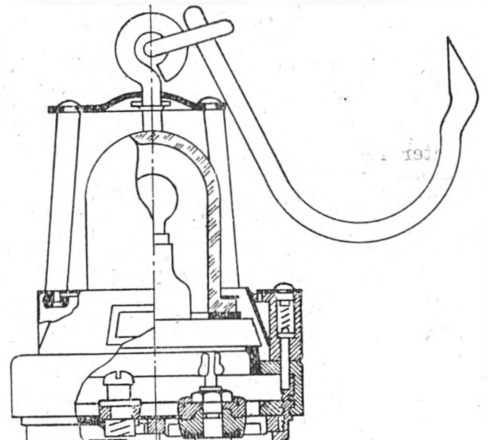
Electric lighting in collieries. The call for improvement of lighting of the workings in collieries, incidental to the mechanisation of coal mining. Description and criticism of fixtures hitherto used in collieries and of underground lighting methods; directives for suitable lighting methods and colliery lighting fixtures design. Draft standards for illumination and uniformity of lighting in the working places in collieries. Whitewashing of walls. Lighting of working places at the coal face by means of fluorescent lamps.

1. Wstęp.

Rozwijająca się w szybkim tempie mechanizacja i elektryfikacja procesów wytwórczych kopalni, jak wybierania, urabiania, ładowania i transportu węgla, pociąga za sobą daleko idące zmiany w charakterze pracy górnika. W miejsce ciężkiej, ale prostej ręcznej pracy rębacza i ładowacza — po wprowadzeniu mechanizacji dołowej — praca górnika staje się niewątpliwie lżejszą lecz za to bardziej skomplikowaną, wymagającą wyższych kwalifikacji zarówno górniczych, jak i mechanicznych, umiejętności pracy i należytego obsługiwania maszyn górniczych.

Bliskość maszyn będących w ruchu, przewodów i urządzeń elektrycznych oraz ludzi skupionych razem — nieraz na niewielkiej przestrzeni — stanowi niemałe niebezpieczeństwo.

Zwiększona szybkość wybierania pokładu zmusza górników do zwracania baczniejszej uwagi na zachowanie się stropu i ociosów, aby uniknąć niebezpieczeństwa zawału oraz urazów wskutek oberwania się skały. Hałas, który panuje podczas pracy maszyn górniczych, uniemożliwia



Rys. 1. Lampa ręczna górnicza

usłyszenie groźnych odgłosów, zwiastujących niebezpieczeństwo zawału, tąpnięć lub zawalenia się obudowy. Górnik zdany jest przeto całkowicie na to, co wokół siebie zauważy. Z tego powodu podziemia w kopalni, a szczególnie miejsca pracy w przodku muszą być należycie oświetlone.

Należy zaznaczyć, że akcja mechanizacji i elektryfikacji procesów wytwórczych w górnictwie musi być ściśle związana z równoczesną akcją należytego oświetlenia podziemi kopalni.

Dotychczasowy stan, a raczej brak oświetlenia w kopalni grozi przy wprowadzeniu mechanizacji zwiększeniem urazowości prac górniczych, uniemożliwia należyte wyzyskanie maszyn górniczych, powoduje ich szybkie zniszczenie oraz przerwy w wydobyciu.

2. Źródła światła.

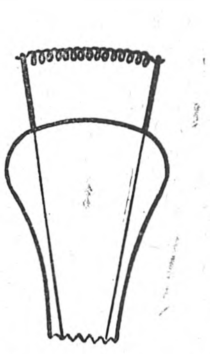
Źródła światła stosowane w kopalniach polskiego przemysłu węglowego można podzielić:

a) na lampy ręczne — lampy bezpieczeństwa Davy'ego, płomienne benzynowe i acetylenowe, elektryczne lampy górnicze;

b) na lampy przenośne — elektryczne lampy do oświetlenia przodka, elektryczne reflektory ścianowe;

c) na lampy stałe — lampy elektryczne zasilane z sieci, umocowane w chodnikach, przekopach itp., lampy turboelektryczne, przyłączone do przewodów powietrza sprężonego.

Lampy płomienne benzynowe i acetylenowe praktycznie wychodzą z użycia i zastępuje się je lampami elektrycznymi. Okazało się bowiem na podstawie statystyki W. U. G. w Dortmundzie z lat 1894—1899, w okresie największego rozwoju lamp benzynowych, że największa liczba wybuchów w tym czasie nastąpiła z powodu nieodpowiedniego stanu benzynowych lamp bezpieczeństwa lub nieumie-



Rys. 2. Skrętka pozioma żarówki górniczej

Rys. 3. Skrętka pionowa żarówki górniczej

jętnego obchodzenia się z nimi. Lampy te stosowane są jeszcze obecnie, ale jako przyrządy wskazujące obecność CH_4 lub CO_2 w atmosferze kopalni.

Elektryczne ręczne lampy górnicze (rysunek 1) zasilane są z akumulatorów żelazo-niklowych lub kadmowo-niklowych. Żarówki do tych lamp wykonywane są na napięcie 2,6 V i natężenia prądu 0,6, 0,8 i 1,5 A. Lampy górnicze z żarówką na 0,6 dają na początku wyładowania strumień świetlny 10 lm, który po 8 godzinach świecenia spada prawie do połowy skutkiem wyładowania akumulatora. Lampy ręczne górnicze nowszego typu z żarówką na 1,5 A dają strumień świetlny 20 lm na początku świecenia, a 10 lm po 8 godzinach. Sprawność ich wynosi

*) Zgłoszono jako referat na I Krajową Konferencję Oświetleniową.

10 lm/W, ciężar lampy ręcznej — około 4,5 kg. Zwiększenie napięcia powoduje konieczność powiększenia liczby ogniw akumulatora, co wpłynęłoby na wzrost ciężaru lampy. Toteż rozwój lamp ręcznych poszedł w kierunku zwiększenia natężenia prądu w żarówce. Strumień świetlny wzrasta jednak wolniej niż natężenie prądu żarówki, wskutek czego ekonomiczną granicą dla lamp ręcznych okazuje się wartość natężenia prądu 1,5—2,0 A. Stosując do wypełnienia baniek szklanych krypton zamiast argonu, uzyskuje się wzrost strumienia świetlnego o 16—20%; wreszcie przez podwyższenie jeszcze temperatury włókna żarówki zwiększono strumień świetlny o dalszych 10%, jednakowoż średnia trwałość żarówki musiała zostać obniżona z 500 do 200 godzin.

Ręczne lampy górnicze, nazywane też lampami bezpieczeństwa, posiadają z reguły budowę ognioszczelną; żarówki posiadają zabezpieczenie przed rozbiciem w postaci klosza z grubego szkła i kosza ochronnego, składającego się najczęściej z 4 żeber. Kosz ochronny częściowo zasłania żarówkę, wskutek czego strumień lampy zmniejsza się o jakieś 10%. Rodzaj szkła ochronnego wpływa również na wielkość strumienia świetlnego lampy. Przy zastosowaniu szkła matowego lub mlecznego na klosze zmniejsza się jaskrawość lampy, lecz powstaje duża strata strumienia świetlnego wskutek absorpcji, dochodząca przy szkłach mlecznych do 40%. W sumie strata strumienia świetlnego wskutek zastosowania kosza ochronnego i klosza mlecznego dochodzi do 50% strumienia świetlnego gołej żarówki.

Sporna była do niedawna sprawa kształtu ułożenia drucika wewnątrz żarówki do lamp górniczych. Skrętka pozioma zawieszona na krótkich elektrodach (rys. 2) ma tę zaletę, że w razie stłuczenia lampy nie nastąpi zwarcie obu elektrod doprowadzających prąd. Jednakowoż przy tym położeniu skrętki otrzymuje się bardzo niekorzystny rozkład strumienia świetlnego, toteż żarówki tego typu stosowane są obecnie tylko w opisanych niżej górniczych lampach czapkowych. Dla lamp ręcznych przyjęły się ostatnio żarówki z włóknem pionowym (rys. 3). Przy tym kształcie drucik jest bardziej odporny na wstrząsy, krzywa rozsyłu światła jest znacznie korzystniejsza, zachodzi tylko obawa, że w razie stłuczenia i zgniecenia żarówki oba druciki stanowiące elektrody zetkną się ze sobą, spowodują zwarcie akumulatora i możliwość zapalenia się gazów wybuchowych, znajdujących się w otoczeniu. Niebezpieczeństwo to nie jest widocznie tak bardzo prawdopodobne, skoro — mimo stosowania od wielu lat za granicą tego typu żarówek do lamp ręcznych — wypadku wybuchu z tego powodu nie notowano.

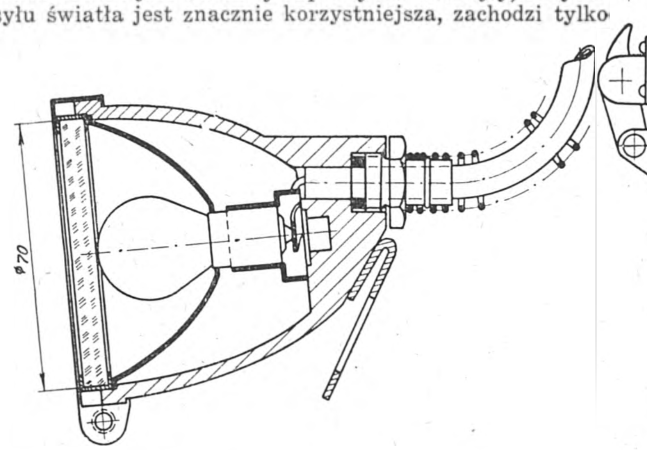
W budowie samej oprawy można rozróżnić dwa typy ręcznych lamp górniczych:

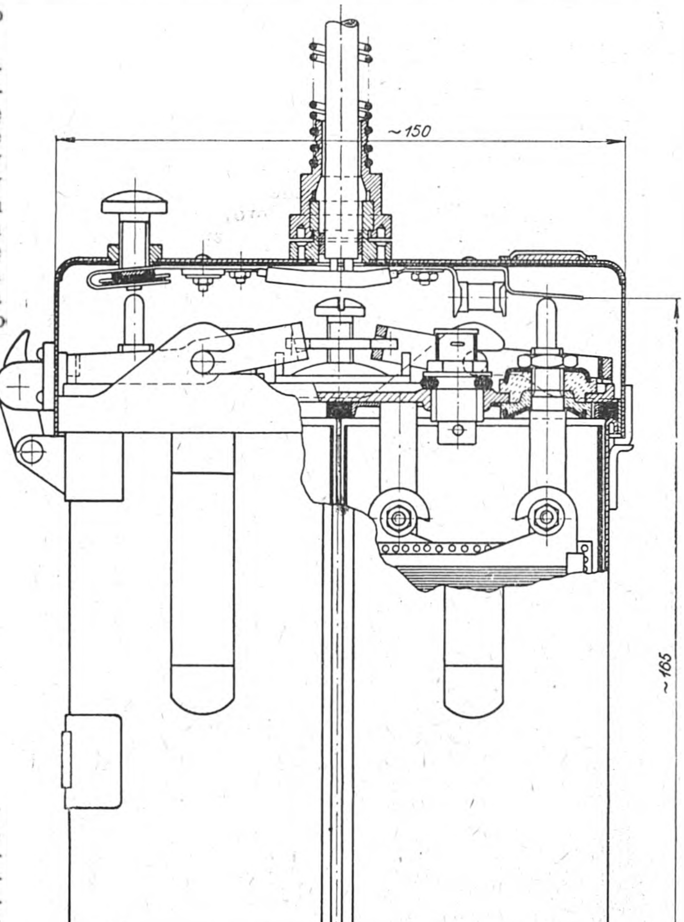
a) górniczą lampę bezpieczeństwa z kloszem, rozpraszającym strumień świetlny,

b) górniczą lampę dla dozoru i drużyn ratowniczych z reflektorem i szkłem skupiającym, dającą wąski strumień świetlny o kącie rozsyłu od 60 do 100°.

Oba typy lamp górniczych stosowane są w kopalniach na dole. Jednym z najważniejszych kryteriów przydatności lamp górniczych ręcznych jest ich ciężar. Górnik bowiem jest zmuszony stale nosić lampę przy sobie i każde — choćby nieznaczne nawet — zmniejszenie ciężaru lampy bez uszczerbku dla strumienia świetlnego musi być poczytywane za ważną zaletę. W tym kierunku pozostaje jeszcze dużo do zrobienia. Np. przez zastąpienie metalowego naczynia na akumulator zbiornikiem wykonanym z odpowiedniego materiału syntetycznego można uzyskać zmniejszenie ciężaru lampy co najmniej o 1 kg. Przy zachowaniu dotychczasowego ciężaru 4,5 kg można by wówczas przy nieznacznym zmniejszeniu wymiaru płyt akumulatora powiększyć ich liczbę i otrzymać napięcie 6 V, co przy natężeniu prądu 1A i sprawności żarówki 10 lm/W daje strumień świetlny 60 lm, czyli prawie 6 razy większy niż dotychczasowa lampa ręczna z żarówką na 0,6 A. Trudność polega na doborze takiego materiału syntetycznego, który by pod wpływem działania kwasu nie pęczniał i był dostatecznie wytrzymały mechanicznie na możliwe w ruchu uszkodzenia lampy.

L a m p y c z a p k o w e — szeroko stosowane za granicą — nie znalazły w Polsce jeszcze większego rozpowszechnienia. Lampa czapkowa posiada reflektor z żarówką umocowany na hełmie ochronnym górniczym i połączona jest przewodem oponowym z baterią akumulatorów, którą nosi się przypiętą do pasa (rys. 4). Lampy czapkowe okazały się bardzo praktyczne, posiadają wiele zalet i niewątpliwie przyszłość do nich należy w zakresie lamp ruchomych. Lampa czapkowa umożliwia prawidłowy sposób oświetlenia miejsca pracy, nie powodując rażenia oka, zwalnia ręce górnika od konieczności noszenia wszędzie ze sobą prawie 5 kg ciężaru lampy ręcznej, jest szczególnie wygodna przy wszelkich pracach w urządzeniach technicznych, gdzie obie ręce muszą być wolne, a dana część mechanizmu dokładnie oświetlona. Lampy czapkowe powinny przeto znaleźć zastosowanie także i w innych gałęziach przemysłu przy pracach montażowych. Aby zadość uczynić wymaganiom przepisów bezpieczeństwa górniczego, lampy czapkowe muszą mieć budowę ognioszczelną i być zabezpieczone przed łatwym uszkodzeniem. Również i tutaj otwiera się duże pole





Rys. 4. Lampa czapkowa górnicza z akumulatorem

do zastosowania materiałów syntetycznych na reflektor i oprawę lampy czapkowej, przez co zmniejsza się znacznie jej ciężar.

Lampy ręczne i czapkowe nie dają jednak wymaganego oświetlenia ogólnego w przodku, gdzie na stosunkowo dużej przestrzeni pracuje niewielka liczba ludzi w porównaniu z fabrykami. Górnik pracując najczęściej nie widzi swoich sąsiadów, jest zdany na siebie samego, dopiero przy oświetleniu całej przestrzeni przodka znajdzie się w łączności z innymi towarzyszami pracy. Oświetlenie ogólne da ponadto możność kontroli stanu obudowy drewnianej stropu i ociosów, zwiększy bezpieczeństwo pracy i umożliwi swobodniejsze poruszanie się człowieka na dole.

Rozwiązanie oświetlenia wyrobisk w kopalni mogą dać tylko lampy zasilane z sieci elektrycznej.

Lampy zasilane z sieci elektrycznej można — zależnie od miejsca stosowania — podzielić na następujące rodzaje:

a) lampy do oświetlenia przodków, gdzie ze względu na postęp robót przodkowych muszą one być łatwe do przenoszenia i połączone ze sobą przy pomocy przewodów oponowych i sprzęgieł;

b) lampy do oświetlenia chodników objazdowych, podszybia itp. zmontowane na stałe;

c) lampy do oświetlenia komór maszynowych, rozdzielni itp.

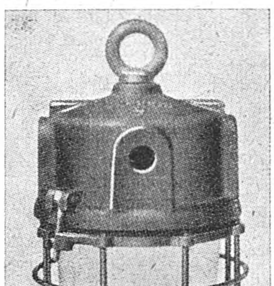
Wymienione wyżej urządzenia oświetleniowe zasilane są bądź z sieci prądu zmiennego o napięciu 3 $\times$ 120 V, bądź też w chodnikach z trakcją elektryczną z sieci trakcyjnej prądu stałego o napięciu 220—250 V. Lampy do oświetlenia komór maszynowych, a także w niektórych chodnikach zasilane są prądem zmiennym o napięciu 220 V.

Należy zaznaczyć, że oświetlenie elektryczne powinno być zasilane z osobnych transformatorów dołowych, oświetleniowych, aby uniknąć migania i przygasania światła skutkiem znacznych spadków napięcia, które występuje w czasie pracy, a szczególnie przy rozruchu dużych maszyn górniczych, napędzanych z reguły przez silniki asynchroniczne zwarte, włączane bezpośrednio do sieci. Duże spadki napięć i wahania napięcia występują również w sieci trakcyjnej. Spadek napięcia w sieci trakcyjnej wynoszący 15% powoduje zmniejszenie światłości żarówek prawie o 40%, które wtedy chwilami ledwo się żarzą.

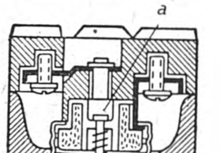
Ponieważ oprawy oświetleniowe włączane do sieci elektrycznej mają podobną budowę, opiszemy je wspólnie.

Lampy elektryczne stosowane do oświetlenia chodników i poszybia posiadają oprawy żeliwne, z blachy stalowej lub z siluminu (rys. 5).

Oprawka żarówki posiadać ma zabezpieczenie przed dotykiem części metalowych żarówki przy wkręcaniu, przy



Rys. 5. Lampa chodnikowa

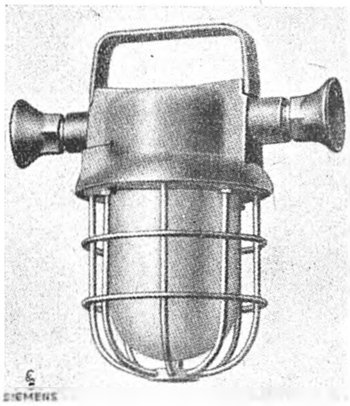


Rys. 6. Oprawka do lamp ognioszczelnych

czym dopiero po całkowitym dokręceniu żarówki w oprawie odpowiedni trzpień stykowy umożliwia przez docisk włączenie prądu w obwód żarówki (rys. 6).

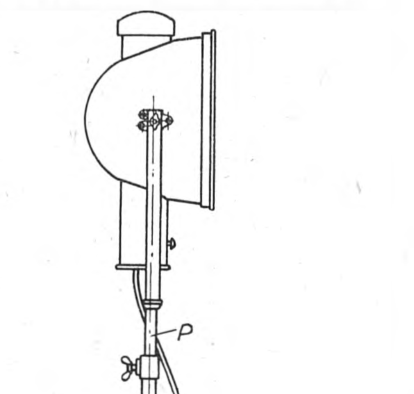
Oprawy świetlne chodnikowe budowane są najczęściej dla żarówek do 200 W. Niektóre firmy mają też znormalizowane typy mniejsze dla żarówek o mocy 60 i 100 W. Lampy posiadają klosz, który powinien być wykonany ze szkła mlecznego lub pryzmatycznego, zmniejszającego jaskrawość lampy. Niestety, obecnie spotyka się prawie z reguły lampy z kloszem ze szkła czystego, które powodują rażenie oka światłem gołej żarówki. Zabezpieczenie przed uszkodzeniem stanowi mocny kosz z drutów stalowych.

Jeżeli lampy chodnikowe mają być stosowane w częściach kopalni gazowych o stopniu niebezpieczeństwa *b* lub *c*, muszą posiadać obudowę ognioszczelną i być dopuszczone



Rys. 7. Lampa do oświetlenia przodków kopalni

do stosowania przez Wyższy Urząd Górniczy. Niektóre typy lamp ognioszczelnych są tak wykonane, że w razie stłuczenia klosza szklanego następuje samoczynne wyłączenie prądu z żarówki. Według ostatnich doświadczeń w kopalniach niemieckich typ ten sprawiał dużo kłopotu i obecnie wychodzi tam z użycia. Dla niskich chodników stosowane są oprawy żeliwne owalne, budowane dla żarówek o mniejszej mocy do 100 W, gdyż ze względu na niskie zamocowanie w chodniku umieszczać się je ma gęściej. Lampy chodnikowe zakładane na stałe przytwierdza się za pomocą haków do ścian lub sufitów chodnika.



Rys. 8. Reflektor przenośny górniczy

Lampy elektryczne do oświetlenia przodków (rys. 7) muszą posiadać budowę ognioszczelną wg PNE-17, powinny

być lekkie ze względu na częste przenoszenie oświetlenia w miarę postępu robót górniczych. Z tego powodu oprawę lampy wykonuje się z siluminu. Klosz i oprawka przeznaczone są dla żarówek do 60 W; jedynie lampy filarowe są większe i mogą pomieścić żarówki o mocy do 150 W.

Reflektory przenośne stosowane do oświetlenia dużych wyrobisk górniczych, zwłaszcza komór i wysokich

Tablica I

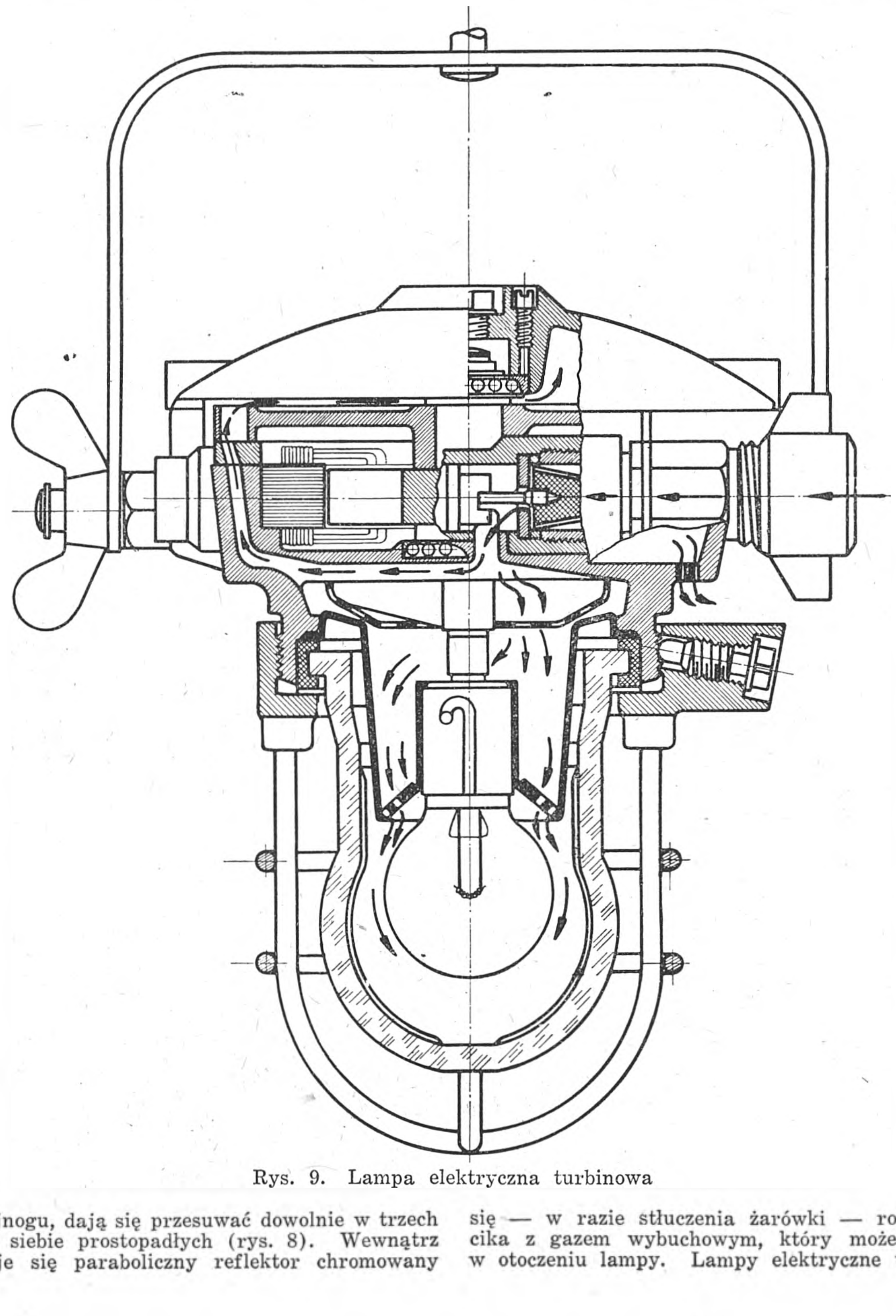
Moc żarówki przy napięciu 120 V (W)	1 000	500
Strumień świetlny żarówki (lm)	18 850	8 850
Średnia światłość całoprzestrzenna żarówki (cd)	1 470	700
Największa światłość przy zastosowaniu reflektora (cd)	1 400 000 ÷1 800 000	750 000 ÷950 000
Strumień świetlny lampy (lm)	8 800	4 000
Sprawność oprawy (%)	48	45

zabierek, dają pod względem oświetleniowym całkowicie zadowalające rozwiązanie. Reflektory umieszczone są na składanym trójnogu, dają się przesuwać dowolnie w trzech kierunkach do siebie prostopadłych (rys. 8). Wewnątrz lampy znajduje się paraboliczny reflektor chromowany lub lustrzany z przodu zamknięty grubym szkłem pryzmatycznym.

Charakterystyczne własności lamp reflektorowych podaje tabl. I.

Lampy te — ze względu na dużą ilość ciepła, które należy odprowadzić, oraz niebezpieczeństwo wybuchu gazów kopalnianych w razie stłuczenia żarówki — powinny przy stosowaniu w przodkach — posiadać budowę ognioszczelną. Dotrzymanie tych wymagań przy równoczesnym małym ciężarze lampy, potrzebnym ze względu na częste przenoszenie, przedstawia jeszcze pewne trudności.

Lampy elektryczne turbinkowe, szeroko rozpowszechnione w Niemczech, znalazły w ostatnich latach również zastosowanie w kopalniach polskich. Lampy te posiadają turbinkę na sprężone powietrze, obracającą z prędkością 6—10 tys. obr./min. małą prądnicę elektryczną, która bezpośrednio zasila żarówkę (rys. 9). Wewnątrz klosza żarówki znajduje się powietrze pod nieznacznym nadciśnieniem i w razie stłuczenia klosza następuje samoczynne wyłączenie prądu z żarówki, znajdujące się zaś dookoła żarówki powietrze nie dopuszcza do zetknięcia się — w razie stłuczenia żarówki — rozżarzonego drucika z gazem wybuchowym, który może się znajdować w otoczeniu lampy. Lampy elektryczne turbinkowe zna-



Rys. 9. Lampa elektryczna turbinowa

lazły szczególnie duże zastosowanie w kopalniach niebezpiecznych pod względem wybuchowym. Dane charakterystyczne tych lamp podaje tabl. II.

Tablica II

Moc żarówki	(W)	30	50
Napięcie	(V)	6	6
Strumień świetlny lampy	(lm)	500	710
Średnia sprawność lampy	(lm/W)	14,5	14,5
Zużycie powietrza	(m^3/h)	6	12
Ciężar lampy	(kg)	6	6

Lampy fluoryzujące znalazły w ostatnich latach szerokie zastosowanie. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych z tymi lampami w kopalniach krajów zachodnich i Związku Radzieckiego pozwalają wnioskować, że ten rodzaj oświetlenia znajdzie również w podziemiach kopalni szerokie zastosowanie. Lampy fluoryzujące wykazują bowiem szereg poważnych zalet, a mianowicie:

a) wydajność świetlną 3 razy większą niż żarówki,

b) mniejszą jaskrawość powierzchni świecącej (0,3—0,8 sb),

c) czas świecenia 2,5—3-krotnie większy niż żarówek,

d) mniejszą czułość na wstrząsy,

e) kształt wydłużony źródła światła, zmniejszający cienie,

f) dodatni wpływ psychiczny barwy światła, zbliżonej do dziennego,

g) niższą temperaturę podczas pracy,

h) mniejsze niebezpieczeństwo wybuchu w razie rozbicia lampy.

Ze względu na brak własnych doświadczeń nie możemy ostatecznie wypowiedzieć zdania co do zakresu stosowalności produkowanych obecnie lamp fluoryzujących w kopalniach węgla. Nie ulega natomiast żadnej wątpliwości, że lampy fluoryzujące o dziennym świetlę, wprowadzające na dole kopalni oświetlenie zbliżone do światła dziennego, wpłyną w dużym stopniu na poprawę ciężkich warunków pracy górnika i zwiększenie bezpieczeństwa pracy, i już z tych względów zasługują na rozpowszechnienie po poko-

Tablica III. Lampy fluoryzujące stosowane w kopalniach angielskich

Moc (W)	Długość i średnica (cale ang.)	(cale ang.)	Napięcie (V)	Barwa światła	Sprawność (lm/W) 100 godz.	średn.	końc.	Jaskrawość (św/cal²)*)	Natężenie prądu (A)	Zastosowanie
15	18	1	100—130	ciepło-biała	34	28	25	3,5	0,30	przodek
15	18	1	,,	natur.	31	25	23	3,5	0,30	,,
20	24	1	,,	,,	31	25	23	3,25	0,32	przod. i chodn.
20	24	1,5	,,	,,	38	31	23	2,25	0,35	,,
30	18	1	,,	,,	28	24	23	4,5	0,45	,,
30	36	1	200—250	ciepło-biała	46	40	35			
				natur.	42	36	32	4,25	0,34	chodnik
40	24	1,5	100—130	ciepło-biała	30	29	25			
				dzienna	30	26	23	4,5	0,42	,,
40	48	1,5	200—250	,,	50	43	36	3,25	0,41	,,
80	60	1,5	200—250	,,	45	38	32			
					41	34	28	4,5	0,85	podszybie

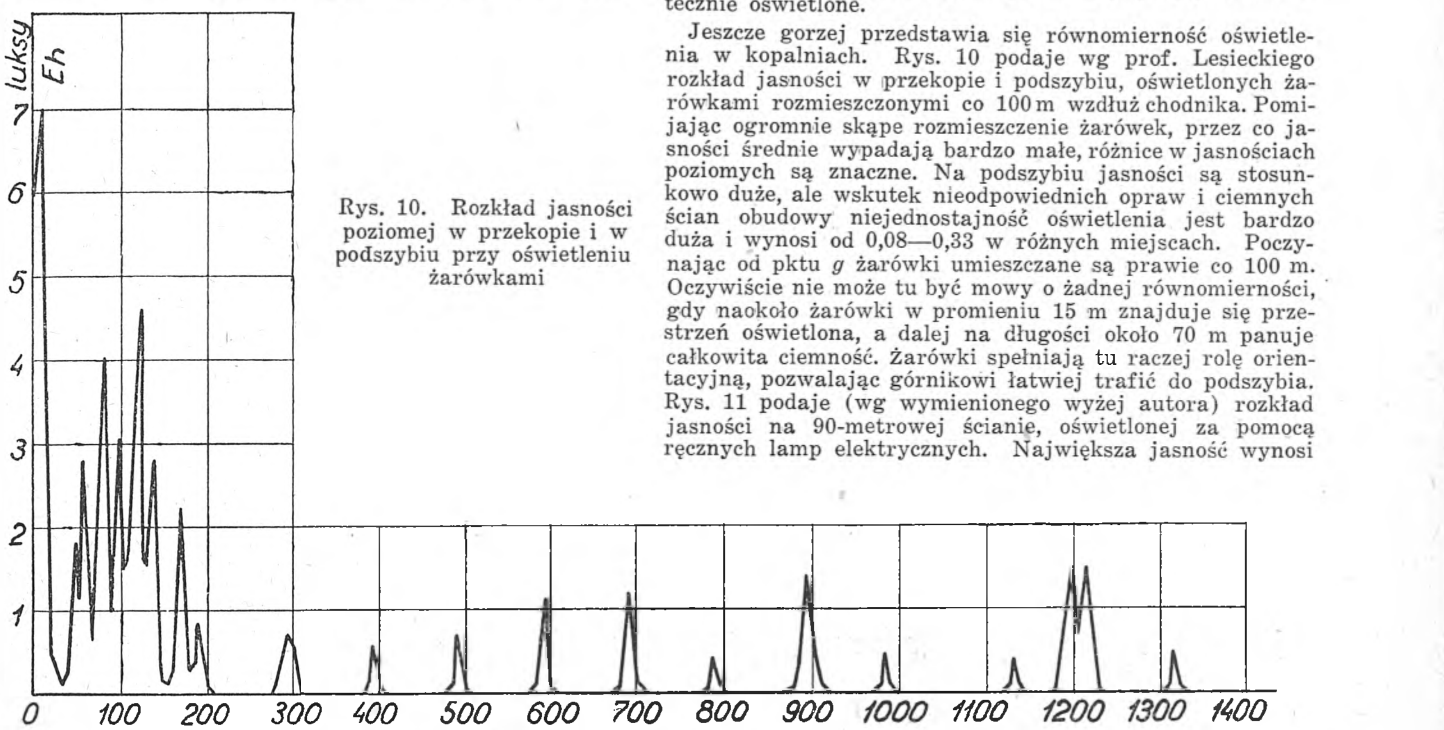
*) Dla otrzymania jaskrawości w stilbach należy pomnożyć podane wartości przez 0,155.

TABLICA IV. Zmierzone jasności w wyrobiskach kopalnianych w Polsce (wg prof. inż. W. Lesieckiego)

Rodzaj wyrobiska	Rodzaj oświetlenia	Jasność pozioma E_h minimum (lx)	maksimum (lx)	średnie (lx)	Jasność pionowa E_v minimum (lx)	maksimum (lx)	średnie (lx)
1. Podszybia szybów i szybików	elektryczne z sieci	2,00	15,00	7,35	1,00	10,00	4,60
2. Komory materiałów wybuchowych i magazyny	,, ,, ,,	8,00	14,00	10,80	6,00	12,00	10,50
3. Dojścia do komór materiałów wybuchowych	,, ,, ,,	1,00	3,00	1,90	—	—	—
4. Komory maszynowe:							
a) elektrowozownie, warsztaty reperacyjne	,, ,, ,,	0,40	45,00	22,40	—	—	—
b) hale przetwornicowe	,, ,, ,,	10,00	17,00	12,00	12,00	15,00	14,00
c) komory pomp podszybowych	,, ,, ,,	2,00	14,00	9,20	21,00	15,00	8,50
d) komory pomp polowych	,, akumulator.	—	—	0,20	—	—	0,50
e) komory kołowrotów	,, z sieci	—	—	5,50	—	—	5,50
,, ,,	,, akumulator.	0,10	0,55	0,25	0,10	0,50	0,20
5. Ruchliwe drogi przewozowe (rozjazdy itp.)	,, z sieci	0,60	6,00	2,10	1,00	6,00	2,10
6. Przodki odbudowy: ściany	elektr. akum. i benz. bezp.	0,05	0,40	0,20	0,10	0,30	0,20
,, ,, zabierki	,, ,, ,, ,, ,,	0,10	0,40	0,26	0,30	0,40	0,37
7. Przodki robót przygotowawczych	,, ,, ,, ,, ,,	0,20	0,50	0,33	0,20	0,60	0,32
8. Punkty załadowcze (rynny, kołowroty, liny bez końca)	elektr. akumulatorowe	0,10	0,55	0,33	0,10	0,70	0,27
	elektryczne z sieci	1,00	6,00	3,00	0,70	5,00	2,80

naniu początkowych trudności technicznych. Tabl. III podaje właściwości lamp fluoryzujących, stosowanych w kopalniach angielskich dla przeprowadzenia prób.

Rury fluoryzujące mogą być umieszczane w oprawach kopalnianych normalnych lub ognioszczelnych. Dla osłony przed uszkodzeniem mechanicznym lampy fluoryzujące stosowane w przodku posiadają klosze z grubego szkła „pyrex" (grubości około 7 mm) lub ze specjalnego materiału syntetycznego produkowanego w Anglii pod nazwą „perspex", który odznacza się nie tylko bardzo dużą wytrzymałością na uderzenia, ale równocześnie posiada mniejszy współczynnik pochłaniania niż zwyczajne szkło jasne.



Rys. 10. Rozkład jasności poziomej w przekopie i w podszybiu przy oświetleniu żarówkami

L a m p y f l u o r y z u j ą c e t u r b i n k o w e pokazały się ostatnio na rynku angielskim, wzbudzając poważne zainteresowanie. W każdej lampie mieszczą się dwie rury o mocy 15 W; całkowity strumień świetlny lampy z oprawą wynosi 840 lm; zapalanie lamp następuje przy zastosowaniu układu rezonansowego przy prędkościach biegnącej luzem prądnicy, odpowiadających 900 okr./sek. Po zapaleniu się lampy liczba obrotów turbinki powietrznej spada i częstotliwość przy normalnym świeceniu się lampy wynosi 350—400 okr./sek. W ten sposób przez zastosowanie równoczesne prądnicy o dużym wewnętrznym oporze biernym unika się konieczności stosowania urządzenia do startowania. Ciężar lampy wynosi około 13 kg. Łączy się ją z rurociągiem powietrza sprężonego o ciśnieniu około 5 atn przy pomocy węża gumowego. Zużycie powietrza wynosi około 8 m^3/h.

3. Praktyczne jasności miejsc roboczych w kopalniach.

Praktyczne pomiary jasności przy oświetleniu elektrycznym w rozmaitych wyrobiskach na kopalniach, dokonane bardzo szczegółowo przez prof. inż. W. Lesieckiego, podajemy częściowo w tabl. IV. Dane dotyczą warunków przedwojennych w latach 1936—37; obecnie skutkiem zniszczeń i braku sprzętu spowodowanego trudnościami powojennymi sytuacja pod tym względem — jeżeli się nie pogorszyła — wcale nie jest lepsza.

Jeżeli się zważy, że dolna granica oświetlenia miejsc pracy dla robót grubych, nie wymagających rozróżnienia szczegółów, wynosi 5 lx wg PNE-44, to należy stwierdzić, że miejsca, gdzie prowadzone są roboty górnicze, ładowanie i przewóz urobku, już przed wojną były niedostatecznie oświetlone.

Jeszcze gorzej przedstawia się równomierność oświetlenia w kopalniach. Rys. 10 podaje wg prof. Lesieckiego rozkład jasności w przekopie i podszybiu, oświetlonych żarówkami rozmieszczonymi co 100 m wzdłuż chodnika. Pomijając ogromnie skąpe rozmieszczenie żarówek, przez co jasności średnie wypadają bardzo małe, różnice w jasnościach poziomych są znaczne. Na podszybiu jasności są stosunkowo duże, ale wskutek nieodpowiednich opraw i ciemnych ścian obudowy niejednostajność oświetlenia jest bardzo duża i wynosi od 0,08—0,33 w różnych miejscach. Poczynając od pktu *g* żarówki umieszczane są prawie co 100 m. Oczywiście nie może tu być mowy o żadnej równomierności, gdy naokoło żarówki w promieniu 15 m znajduje się przestrzeń oświetlona, a dalej na długości około 70 m panuje całkowita ciemność. Żarówki spełniają tu raczej rolę orientacyjną, pozwalając górnikowi łatwiej trafić do podszybia. Rys. 11 podaje (wg wymienionego wyżej autora) rozkład jasności na 90-metrowej ścianie, oświetlonej za pomocą ręcznych lamp elektrycznych. Największa jasność wynosi tu 0,3 lx, a więc na ścianie panuje całkowita ciemność, uniemożliwiająca rozróżnienie grubych szczegółów. Górnik, pracując w takiej ciemności, nie może obserwować stanu skał stropowych lub ociosów przodka. Jedynie przy oświetleniu komory o wymiarach 18 × 18 × 6,5 (metry) za pomocą dużej lampy reflektorowej jasność i równomierność oświetlenia jest wystarczająca dla prac górniczych (rys. 12).

Dla porównania z wyżej podanymi pomiarami praktycznymi, które wskazują na nieodpowiedni i zbyt skąpy sposób rozmieszczenia punktów świetlnych, podamy ogólne zasady rozmieszczania lamp górniczych w kopalniach zagłębia reńsko-westfalskiego.

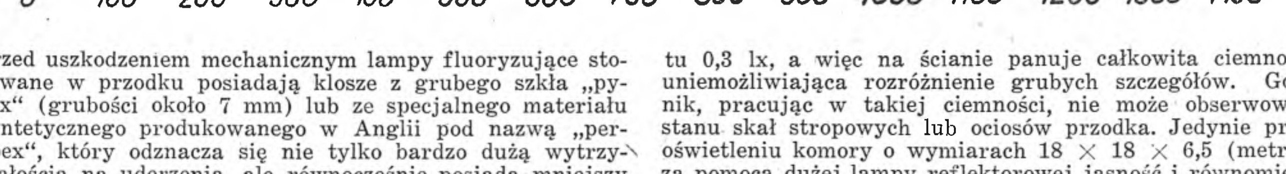
C h o d n i k i :

podszybie	1 żarówek o mocy	200 W	co 30 m,
główny chodnik . .	5 żarówek po	100 W	na 100 m,
chodnik w przekopie	5 „ „	60 W	na 100 m,
„ do przodku	10 „ „	60 W	na 100 m.

P r z o d e k :

oświetlenie ściany	20 żarówka po	60 W	na 100 m,
„ filaru do 4 m	3 do 5 żarówek po	150 W	na 1 filar,
„ „ ponad 4 m	reflektory z żarówką na	1000 W.	

Dla łatwiejszego przenoszenia lamp przodkowych montuje się je w girlandy świetlne po 5 lamp w odstępach co 4 m, łączonych ze sobą przewodami oponowymi za pomocą wtyczki i gniazdka, stanowiących części normalnego sprzęgła górniczego dla przewodów oponowych.

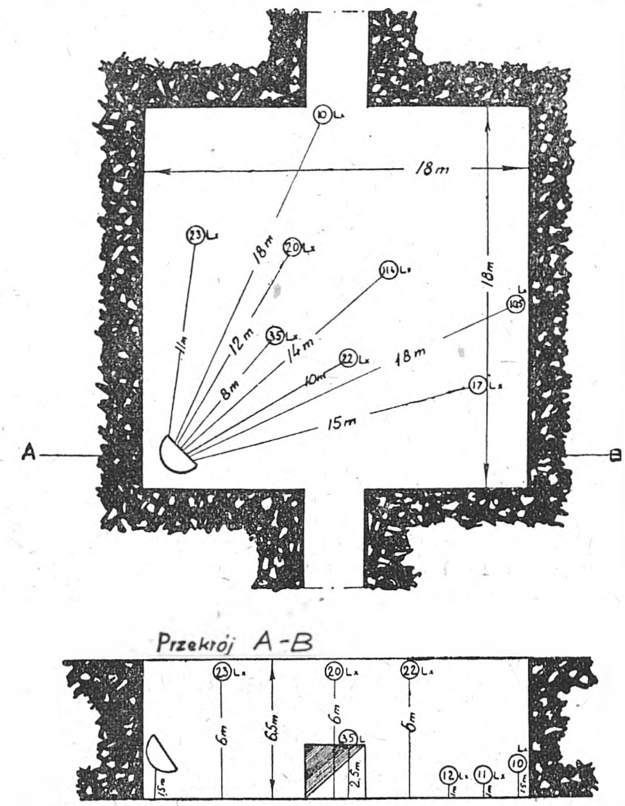


Rys. 11. Rozkład jasności dla 90-metrowej ściany, oświetlonej za pomocą lamp bezpieczeństwa

Girlandy tych lamp można łączyć ze sobą w łańcuchy (rys. 13), zasilane z osobnego transformatora oświetleniowego. Całość instalacji daje się łatwo przenosić w miarę

postępu robót górniczych i zakładać nawet przez niefachowców elektryków.

Podane wyżej wartości niejednostajności jasności w chodniku i na podszybiu dotyczą jedynie jasności poziomych. Wielokrotnie wyższe wartości niejednostajności oświetlenia wskazują jasności pionowe, albowiem tu w polu widzenia oka znajdują się żarówki w kloszu szklanym o dużej jaskrawości oraz ciemne otoczenie obudowy chodnika. Te silne kontrasty powodują rażenie i oślepienie oczu górnika. Ustawiczna zmiana adaptacji oka powodowana bądź to rażącym światłem gołych żarówek, bądź też następującymi



Rys. 12. Rozkład jasności w komorze oświetlonej reflektorem

po nich ciemnościami w chodniku, działa denerwująco. Toteż nic dziwnego, że niektórzy górnicy nie tylko sceptycznie, ale wręcz niechętnie zachowują się w stosunku do wszelkich nowatorskich pomysłów oświetlenia kopalń, twierdząc że w kopalni lepiej widzą, gdy nie ma oświetlenia. Mają poniekąd rację. Stosowane powszechnie gołe żarówki w typowych oprawach górniczych powodują zjawisko rażenia i chwilową utratę zdolności widzenia.

Oko przystosowane do ciemności rozróżnia już jasności ponad 0,025 lx. Jest to dolna granica podrażnienia oka, przy którym ono jeszcze nie rozróżnia ani barw, ani kształtów. Gdy oko jest przystosowane do ciemności, to nawet małe jaskrawości — rzędu 0,007 sb — mogą działać drażniąco. Prawdopodobnie skutkiem złego oświetlenia wyrobisk jest choroba oczu zwana **nystagmus** (oczopląs). Górnik dotknięty tą chorobą widzi otaczające przedmioty w stałym ruchu drgającym skutkiem drgania gałek ocznych. Staje się on niezdolnym do pracy pod ziemią ze względu na szybko występujące przemęczenie psychiczne. Badania przeprowadzane na kopalniach angielskich i niemieckich wykazały, że oczopląs powstaje wskutek niedostatecznego oświetlenia i że przez poprawienie oświetlenia w kopalniach, przez większą jasność i jednostajność oświetlenia poprawia się znacznie higiena wzroku.

4. Wnioski.

Analizując dotychczasowy stan techniki oświetlenia wyrobisk górniczych, dochodzimy do następujących wniosków:

1) Lampy ręczne i czapkowe nie mogą stanowić podstawowego oświetlenia kopalni, posiadają bowiem za mały strumień świetlny, za dużą jaskrawość i nie dają dostatecznej jasności w miejscu pracy. Lampy ręczne i czapkowe mogą i mają służyć nadal jako oświetlenie bezpieczeństwa.

2) Oświetlenie chodników i podszybi przy pomocy opraw, zaopatrzonych w klosze ze szkła przezroczystego i umieszczonych w polu widzenia oka tak, że żarówka powoduje rażenie oka, należy również uznać za nieodpowiednie.

3) Oświetlenie przodka lampami z przezroczystym kloszem szklanym, które powodują oślepianie, również należy uważać za nieodpowiednie; te same oprawy zaopatrzone w klosze mleczne lub ze szkła pryzmatycznego, względnie umieszczone w ten sposób, że nie powodują rażenia oka górników pracujących zarówno na ścianie, jak przy obudowie przodka, można by uważać za prawidłowe z zastrzeżeniem, że dobór liczby lamp i mocy żarówek zapewni wymaganą jasność na ścianie.

4) Lampy reflektorowe stosowane do oświetlania komór i wysokich zabierek — odpowiednio umieszczone — dają dostateczne oświetlenie.

Wnioski powyższe wynikają z analizy dotychczasowego sposobu oświetlenia naszych kopalń. Brak wytycznych co do wymaganych jasności i sposobu instalowania oświetlenia był niewątpliwie dużą przeszkodą w racjonalnym rozwoju techniki oświetlenia górniczego. W dalszym ciągu spróbujemy sformułować niektóre zasady oświetlenia górniczego, które mogłyby być podstawą do racjonalnego rozwiązania zagadnienia.

Przede wszystkim należałoby ustalić co oświetlać, a następnie w jaki sposób. Oświetlone powinny być te miejsca w kopalni, gdzie pracują i przebywają ludzie, a mianowicie:

1) podszybia szybów wydobywczych i zjazdowych, dworce podszybowe, podszybia i nadszybia szybików ślepych, podszybia szybów wentylacyjnych, podsadzkowych i drzewnych;

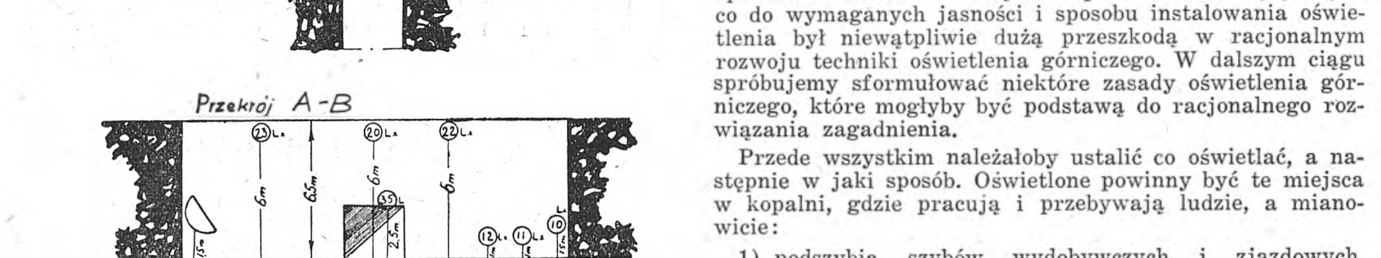
2) przedziały drabinowe szybów i szybików, wyloty głównych chodników przewozowych, rozjazdy i skrzyżowania, zwrotnice centralne, punkty załadowcze z rynien do wózków, przewozy wszędzie tam, gdzie zmienia się kierunek drogi z poziomej na pochyłą lub odwrotnie, przejścia dla ludzi;

3) komory maszynowe, podziemne warsztaty i remizy, komory materiałów wybuchowych;

4) przodki robót przygotowawczych i wybierek.

Z kolei należy ustalić wielkości najmniejszych jasności w poszczególnych miejscach kopalni.

Na podstawie wielu badań, przeprowadzanych w kopalniach i opublikowanych w ostatnich 20 latach zarówno w czasopismach zagranicznych jak i krajowych, wiadomo, że wydajność pracy robotnika wzrasta po wprowadzeniu oświetlenia w miarę wzrostu jasności; przy jasnościach 10—20 lx na ścianie sprawność górników wzrosła według



Rys. 13. Girlanda z lamp górniczych przodkowych

Gärtnera i Schneidera o 25%, równocześnie wzrasta i czystość ładowanego węgla. Według badań Związku Kopalń Zagłębia Ruhry w Essen, aby umożliwić wybieranie węgla bez kamieni, jasność powinna wynosić co najmniej 10 lx. Uwzględniając przeto wpływ jasności:

a) na zwiększenie wydajności pracy górnika,

b) na poprawienie warunków zdrowotnych, mniejsze zmęczenie i lepsze samopoczucie,

c) na jakość wydobytego węgla, tj. zmniejszenie zawartości skały płonnej,

d) na zwiększenie bezpieczeństwa pracy i zmniejszenie liczby nieszczęśliwych wypadków,

e) na zmniejszenie uszkodzeń urządzeń maszynowych górniczych,

należy dążyć do stosowania możliwie dużych jasności.

Opierając się na powyższych założeniach, podajemy (tabl. V) projekt zalecanych jasności dla miejsc pracy w kopalniach węgla.

Tablica V. Projekt norm jasności dla miejsc pracy w kopalniach węgla

1. Podszybia szybów zjazdowych i wydobywczych 20—50 lx
Podszybia szybów zjazdowych i wydobywczych muszą być oświetlone możliwie jasno, gdyż tu koncentruje się cały ruch ludzi i urobku, tu pracują sygnaliści, spinacze wozów itp., wykonując prace wymagające niewielkiego rozróżniania szczegółów.

2. Podszybia i nadszybia szybików ślepych przewozowych 15—30 lx
Służą one do opuszczania urobku; jasności można byłoby stopniować zależnie od wielkości ruchu urobku.

3. Podszybia szybów wentylacyjnych, podsadzkowych, drzewnych 10—20 lx
Służą do opuszczania drzewa lub materiałów; praca ludzka nie jest tu wykonywana wcale lub wykonywana sporadycznie.

4. Podszybia i nadszybia szybików wentylacyjnych, przez które odbywa się ruch ludzi 10—15 lx
Jeżeli przez nie odbywa się ruch ludzi (przedziały drabinowe), to muszą być oświetlane; w przeciwnym razie oświetlenie jest zbyteczne.

5. Przedziały drabinowe szybów i szybików 5—10 lx
Powinny być tak oświetlane, aby jasność na pomostach drabinowych i drabinach umożliwiała bezpieczny ruch ludzi.

6. Dworce podszybowe 20—50 lx
Odbywa się tu zestawianie pociągów, manewrowanie wozami; toteż oświetlenie musi być tak jasne, aby czynności te wykonać można było bezpiecznie.

7. Wyloty głównych chodników przewozowych, rozjazdy i skrzyżowania torów, zwrotnice centralne. 10—20 lx
Miejsca te muszą być tak oświetlone, aby maszynista mógł je dobrze widzieć z odległości co najmniej 20 m; to samo dotyczy zwrotnic centralnych, w których nastawienie dźwigni musi dać się łatwo skontrolować.

8. Punkty załadowcze, platformy pod rynnami, pod i nad pochylniami przewozowymi itp. 20—50 lx
Również tam, gdzie przewóz odbywa się za pomocą kołowrotów, lin bez końca; wszędzie tam, gdzie zmienia się kierunek ruchu w przewozie z drogi poziomej na pochyłą lub odwrotnie, wymagana jest możliwie duża jasność, aby uniknąć nieprzewidzianych wypadków np. ucieczki wozów.

9. Przodki robót przygotowawczych 20—50 lx
Ze względu na przeprowadzanie równocześnie z robotami przygotowawczymi robót badawczych, mających na celu stwierdzenie rodzaju stropu i spągu, wielkości zalegania pokładów, występowania przerostów i uskoków, duża jasność jest zalecana.

10. Przodki robót wydobywczych 10—20 lx
Według danych zagranicznych najmniejsza jasność na ścianie ma wynosić co najmniej 6 lx; jest to bezwarunkowo za mało; ze względu na czystość urobku, bezpieczeństwo pracy w przodku i dużą koncentrację ludzi i maszyn na ścianie, należałoby dążyć do zachowania proponowanej tutaj jasności.

11. Przejścia dla ludzi (chodniki objazdowe) 5—10 lx
Wszelkie przejścia dla ludzi do pracy powinny być oświetlone, przy czym miarodajna tu będzie raczej jednostajność niż wielkość jasności.

12. Komory maszynowe:
a) podziemne warsztaty reperacyjne 30—50 lx
b) elektrowozownie 30—50 lx
c) hale przetwornicowe, rozdzielnie z obsługą, stacje prostownikowe 30—50 lx
d) pompownie podszybowe 20—50 lx
e) komory dla pomp polowych 10—30 lx
f) komory kołowrotów 10—20 lx
Niezależnie od oświetlenia ogólnego podanych tu pomieszczeń zaleca się stosować oświetlenie poszczególnych miejsc pracy.

Jednostajność oświetlenia na wszystkich miejscach robót górniczych nie powinna być mniejsza niż 0,3, jednostajność zaś oświetlenia w pomieszczeniach maszynowych, warsztatach reperacyjnych, remizach, halach przetwornicowych i rozdzielniach ze stałą obsługą nie mniejsza jak 0,5.

5. Stosowanie projektowanych norm w praktyce.

Wyżej podane w tabl. V normy jasności miejsc pracy w kopalniach węgla musiałyby — ze względu na mały współczynnik odbicia światła skał kopalnianych — wymagać dużego strumienia świetlnego, czyli znacznej liczby żarówek o dużej mocy. Należałoby przeto zastanowić się, w jaki sposób powyższe zadanie można byłoby rozwiązać w sposób racjonalny i ekonomiczny.

Tabl. VI podaje współczynniki odbicia światła skał kopalnianych na podstawie badań, przeprowadzonych w Zakładzie Górnictwa I Akademii Górniczej w Krakowie w roku 1937.

Tablica VI. Współczynniki odbicia światła skał kopalnianych

Skała lub materiał	Współczynnik odbicia w %	
	od	do
Piaskowiec	17,35	20,50
Łupek twardy (ciemny)	9,46	12,62
Łupek piaszczysty (jasny)	12,62	14,98
Wapień	46,14	51,12
Węgiel matowy	3,15	3,47
Węgiel błyszczący	4,72	5,52
Cegły bielone wapnem (świeże)	65,00	75,00
„ „ „ (stare)	28,25	35,00
Cegły surowe	8,20	15,25
Beton	7,00	14,10
Tynk wapienny	16,80	27,80
Drzewo obudowy	7,00	20,00

Jak z tego zestawienia wynika, współczynniki odbicia materiałów, które spotyka się w podziemiach kopalni, są bardzo małe. Nawet drzewo, które w stanie świeżym ma stosunkowo duży współczynnik odbicia, po krótkim czasie w kopalni skutkiem osiadania pyłu węglowego czernieje i pochłania dużo światła.

Ponad 95% strumienia świetlnego, wytwarzanego przez źródła światła, pochłaniają ciemne ściany kopalni. Jest to bardzo duże marnotrawstwo

energii świetlnej, które w dodatku zwiększa niejednostajność oświetlenia. Można temu zaradzić w prosty sposób przez bielenie wyrobisk i chodników kopalni, gdyż tą drogą współczynnik odbicia światła zwiększy się co najmniej 20-krotnie. Przy tym samym strumieniu świetlnym uzyskuje się większą jednostajność i jasność oświetlonej przestrzeni. Akcja bielenia wyrobisk, szczególnie o obudowie murowanej lub betonowej, oraz bielenia wyrobisk przygotowawczych i chodników powinna być przeprowadzona równolegle z akcją oświetlenia kopalń. Utrzymanie w należytym stanie ścian bielonych jest wielokrotnie tańsze niż koszty prądu i zwiększenia liczby punktów świetlnych przy pozostawieniu ciemnych ścian wyrobisk kopalni. Jedynie tą drogą będzie można w sposób racjonalny i ekonomiczny rozwiązać zagadnienie prawidłowego oświetlenia podziemia kopalni. Bielenie obudowy chodników można by wykonać przy pomocy aparatów do natryskiwania w sposób szybki i prosty.

Drugim zasadniczym czynnikiem, który wpłynąłby korzystnie na stan oświetlenia kopalni, byłoby opracowanie odpowiednich opraw, uniemożliwiających rażenie oka przez gołe żarówki w polu widzenia. Przy zastosowaniu bielenia ścian, chodników i obudowy można byłoby umieszczać źródła światła w sposób kryty po bokach, aby rozświetlały leżące naprzeciwko nich białe ściany chodnika lub obudowy. Stosowanie w niewysokich chodnikach opraw, zawieszonych u stropu i kierujących strumień świetlny przeważnie w dół, nie jest celowe. Stosowanie zamkniętych szkieł mlecznych pozwala co prawda na zmniejszenie jaskrawości lamp, jednakowoż szkła takie w kopalni w krótkim czasie pokrywają się pyłem węglowym i wymagają częstego czyszczenia, które praktycznie w ruchu dołowym nie jest możliwe. Gdzie względy bezpieczeństwa ogniowego nie będą wymagały stosowania szkieł szczelnych, należałoby rozpatrzyć, czy stosowanie kloszów otwartych, w których gromadzenie się kurzu i pyłu byłoby utrudnione, i zaopatrzonych w odpowiedni reflektor oraz kosz ochronny, nie byłoby bardziej odpowiednim rozwiązaniem oświetlenia podszybia, komór maszynowych itp.

Na podstawie powyższego oprawy, stosowane do oświetlenia wyrobisk, powinny:

1) dawać dostateczny strumień świetlny dla uzyskania wymaganej jasności,

2) wykluczać rażenie oka przez bezpośrednią widoczność żarówki,

3) uniemożliwiać nagromadzania się kurzu i pyłu węglowego na częściach przepuszczających strumień świetlny,

4) posiadać dostateczną wytrzymałość mechaniczną i zabezpieczenie przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Ponadto oświetlenie przodków robót górniczych musi spełniać następujące wymagania:

1) dawać dostateczną jasność oświetlenia w przodku,

2) zapewniać bezpieczeństwo ze względu na możliwość obecności gazów wybuchowych,

3) posiadać obudowę mocną, odporną na uderzenia odłamkami skał w czasie strzelania,

4) mieć sprzęt lekki i łatwo przenośny,

5) zapewniać bezpieczeństwo ze względu na możliwość porażeń elektrycznych.

Trzeba przyznać, że dotychczasowe próby oświetlenia przodka kończyły się z reguły niepowodzeniem. Próbowano rozmaite układy połączeń, systemy opraw, i rodzaje światła, ale na próżno. Pozostała główna przeszkoda do pokonania — strzelanie w przodku. Nie ochronione i nie usunięte z przodka na czas strzelania urządzenia oświetleniowe ulegały w krótkim czasie zniszczeniu. Widocznie nie można było sobie poradzić z górnikami i nakłonić ich do zabezpieczania lamp i przewodów podczas strzelania, skoro w warunkach, które postawiono przemysłowi angielskiemu dla opracowania oświetlenia przodka, podano między innymi, że lampy mają być odporne na uszkodzenia w czasie strzelania. Przypuszczalnie nie da się wykluczyć niebezpieczeństwa rozbicia kloszów lampowych przez odłamki kamieni, które rozpryskują się na znaczne nawet odległości w czasie strzelania.

W ostatnich latach przeprowadzano próby z lampami przodkowymi odpornymi na strzelanie. Były to przeważnie rury fluoryzujące, których zniszczenie stanowi poważny koszt, znacznie wyższy aniżeli wymiana zwyczajnej żarówki. W szeregu prób, wykonanych przez Podkomitet oświetlenia przodków kopalni węglowej Komitetu doradczego Min. Paliw i Energetyki w Anglii (Advisory Committee — Ministry of Fuel and Power, Sub-Committee on Coal Face Lighting) przeprowadzano również próby odporności rur fluoryzujących przodkowych na strzelanie. Oprawy bądź były zaopatrzone w mocne klosze ochronne z materiału „perspex", bądź też posiadały dodatkowe tarcze ochronne, które zasuwano na lampy w czasie strzelania. Lampy umieszczone były jak zazwyczaj na tylnym słupie obudowy w odległości 2 m od ściany, na której strzelano. Wykonano 650 strzałów na przeciwległej ścianie, po czym stwierdzono, że na 21 opraw 14 wytrzymało strzelanie bez uszkodzeń. Jest to niewątpliwie poważny sukces, jeżeli się weźmie pod uwagę bardzo ciężkie warunki próby.

Dalsze próby dotyczyły najlepszego sposobu instalowania rur fluoryzujących w rozmaitych warunkach pracy w przodku kopalni. Typ I posiadał oprawę z lekkiego stopu, klosz ochronny z masy „perspex", moc 30 W, ciężar całkowity oprawy około 9,5 kg. Typ II rury fluoryzującej o mocy 40 W posiadał reflektor, który dawał się obracać dla kierowania strumienia świetlnego i mógł służyć jako osłona w czasie strzelania. Oba typy lamp zawieszono w równych odstępach co 3,5—4,5 m. Przy tej odległości wzajemnej lamp otrzymano na ścianie naprzeciw lampy w odległości około 3 m jasność dochodzącą do 50 lx.

Każda lampa wraz z kablem 4-żyłowym o przekroju 4,5 mm^2, opancerzonym, wychodzącym z obu końców oprawy, zaopatrzonym w sprzęgło, stanowi jedną całość. Poszczególne lampy połączone są ze sobą sprzęgłami oraz przy pomocy przewodu oponowego z transformatorem oświetleniowym na 500/125 V, o mocy 2,5 kVA, posiadającym zabezpieczenia nadmiarowe oraz przekaźnik ziemno-zwarciowy, a ponadto kontrolę ciągłości przewodu uziemiającego i wyłączanie zdalne z chwilą wyjęcia wtyczki ze sprzęgła lub przerwy w przewodzie uziemiającym wzgl. sterującym. Doświadczenia wykazały, że taki układ jest najbardziej bezpieczny, przy czym korzystniej jest, jeżeli każda lampa ma osobne sprzęgło, umożliwiające włączenie je w obwód. Jeżeli dwie lub trzy lampy są sztywno ze sobą połączone, bez sprzęgieł, to układ taki zwiększa ciężar jednostki oświetleniowej i utrudnia przenoszenie instalacji. Mimo ciężkich warunków pracy lamp na przodku średni czas świecenia lamp fluoryzujących wyniósł 1750 godzin przy uwzględnieniu w tym również uszkodzeń, spowodowanych strzelaniem na niektórych przodkach kopalni.

Bardzo ciekawie przedstawiają się również obliczenia kosztów instalacji próbnej w kopalniach angielskich. Koszt inwestycji na 90 m (100 yd) wynosi 800—1000 funt. ang., zależnie od odległości wzajemnej lamp i rodzaju opraw. Cena ta ma obejmować całkowity koszt instalacji lamp wraz z transformatorem, skrzynkami przyłączeniowymi, przewodami i sprzęgłami. Przyjmując praktyczną trwałość tych urządzeń, koszt umorzenia obliczono w wysokości 0,8 pensa na tonę węgla. Koszt ruchu, tj. napraw i utrzymania, waha się między 1,02—1,44 pensa, koszt prądu w warunkach angielskich przy zasilaniu z sieci okręgowej wynosi dla przeciętnych warunków kopalnianych 0,1 pensa; stąd całkowity koszt ruchu w warunkach angielskich wynosi 2—2,5 pensa na tonę węgla.

Instalacje rur fluoryzujących turbinkowych są w inwestycji tańsze, kosztują bowiem około 500—650 funt. ang. na 90 m przodka, jednakowoż koszty ruchu są wyższe ze względu na duże koszty powietrza sprężonego.

Jak z powyższych danych wynika, koszty instalacji rur fluoryzujących są na ogół duże i w naszych warunkach ten system oświetlenia może znaleźć zastosowanie w kopalni tylko tam, gdzie przyniesie największe korzyści dla pracowników. Tym samym oświetlenie rurami fluoryzującymi kwalifikowałoby się szczególnie dla robót przodkowych, gdzie praca górnika jest najcięższa i gdzie najlepsze oświetlenie jest najbardziej potrzebne. Zwiększy ono tam stan bezpieczeństwa pracy i przyczyni się niewątpliwie do wzrostu wydajności wydobycia.

LITERATURA

Inż. W. Lesiecki. Oświetlenie kopalń, 1938 (odb. z Przegl. Górniczo-Hutniczego)

Prof. dr inż. W. Budryk. Oświetlenie górnicze (skrypt AGH)

Bilenko. Prawiła biezopasnosti w szachtach

MGR INŻ. BOGUSŁAW WDOWIAK
(GIEI)

Silnik synchroniczny bez wzbudzenia
(silnik reluktancyjny)

Treść. Artykuł ujmuje teoretyczne zagadnienia działania silnika synchronicznego z biegunami wystającymi, pracującego bez wzbudzenia, i podaje pomocne przy obliczaniu silników reluktancyjnych wnioski oraz wykresy oparte na wyprowadzonych zależnościach.

Синхронный двигатель без возбуждения. Статья занимается теоретическими вопросами действия синхронного двигателя с явно выраженными полюсами, работающего без возбуждения, и дает ряд выводов полезных при расчете таких двигателей, а также диаграммы, вытекающие из выведенных соотношений.

Synchronous motors without excitation. The article deals with the theoretical problems of the work of synchronous motors with salient poles, working without excitation, and gives suggestions which may be of assistance in the computation of reluctance motors, and also provides diagrams based on the dependances arrived at.

1. Zasada działania.

Silnik reluktancyjny jest silnikiem synchronicznym z biegunami wystającymi bez uzwojenia wzbudzającego. Obwód pierwotny silnika reluktancyjnego stanowi uzwojenie wykonane tak jak uzwojenie pierwotne silnika indukcyjnego.

Zasadę działania silnika reluktancyjnego wyjaśnia dyskusja równania momentu obrotowego silnika synchronicznego z biegunami wystającymi w przypadku napięcia uzwojenia wzbudzającego równego zeru.

Wspomniany moment obrotowy przy pominięciu oporu czynnego i oporu biernego rozproszenia uzwojenia twornika wyraża się zależnością:

$$(1)\quad M = \frac{m}{2\pi n} \cdot \left[\frac{UE_m}{X_l} \cdot \sin\vartheta + U^2 \cdot \frac{\sin 2\vartheta}{2} \cdot \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_l}\right)\right],$$

gdzie m — liczba faz obwodu pierwotnego,
n — synchroniczna liczba obrotów na minutę,
U — napięcie jednej fazy sieci zasilającej,
E_m — napięcie uzwojenia wzbudzającego,
ϑ — kąt obciążenia — kąt fazowy między napięciem sieci U i napięciem uzwojenia wzbudzającego E_m,
X_l — opór indukcyjny jednej fazy wzdłuż składowej podłużnej oddziaływania twornika,
X_q — opór indukcyjny jednej fazy wzdłuż składowej poprzecznej oddziaływania twornika.

Wyrażenie na moment zawiera dwa składniki, z których pierwszy występuje również jako czynnik proporcjonalny do wielkości momentu obrotowego silnika synchronicznego z biegunami utajonymi, dla którego opory indukcyjne składowych podłużnej i poprzecznej pola oddziaływania twornika są również ($X_l = X_q$), a składnik drugi wyrażenia na moment obrotowy równy jest zeru. Ten drugi składnik wyrażenia na moment jest charakterystyczny dla silnika z biegunami wystającymi, dla którego $X_l \neq X_q$, wskutek asymetrii obwodu magnetycznego. Składnik ten nie jest zależny od wielkości napięcia uzwojenia wzbudzającego. Silnik z biegunami wystającymi posiada pewien moment obrotowy nawet w przypadku wyłączenia obwodu wzbudzenia, gdy $E_m = 0$. Występujący wtedy moment obrotowy, zwany momentem reakcyjnym, wyraża się zależnością:

$$(2)\quad M = \frac{m}{2\pi n} \cdot U^2 \cdot \frac{\sin 2\vartheta}{2} \cdot \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_l}\right).$$

Moment reakcyjny powstaje wskutek różnicy oporów indukcyjnych dwu składowych — podłużnej i poprzecznej — pola twornika, spowodowanej obecnością biegunów wystających na obwodzie wirnika. Bieguny wystające wywołują różne opory magnetyczne (reluktancje) w szczelinie pod biegunem i w przestrzeni między biegunami; stąd silnik, którego moment obrotowy (przy braku obwodu wzbudzającego) powstaje wyłącznie wskutek różnic reluktancji, nosi nazwę silnika reluktancyjnego.

2. Zarys budowy. Rodzaje wykonania. Zastosowanie.

Silnik reluktancyjny, stanowiący szczególny przypadek silnika synchronicznego bez uzwojenia wzbudzającego, wykonywany jest jednak zazwyczaj z elementów konstrukcyjnych klatkowego silnika indukcyjnego, przy czym klatka służy jedynie jako uzwojenie rozruchowe silnika, który przed osiągnięciem obrotów synchronicznych rusza jak silnik indukcyjny zwarty.

Podstawą działania silnika reluktancyjnego jest obecność biegunów wystających. Uzyskuje się je przez usunięcie zębów zwykle na szerokości około 35—40% każdej podziałki biegunowej na całej długości wirnika. Zęby pozostawione rozmieszcza się symetrycznie na obwodzie wirnika; stanowią one bieguny wystające w liczbie równej liczbie biegunów stojana.

W praktyce usuwa się odpowiednią liczbę zębów, oczywiście, jeszcze przed spakietowaniem wirnika. Klatka zwarta natomiast posiada pręty w liczbie równej pełnej liczbie żłobków wirnika, a więc również pomiędzy wystającymi biegunami wirnika. Rys. 1 przedstawia blachę wirnika sześciobiegunowego silnika reluktancyjnego.

Ze względu na rozruch silnika i dla łatwiejszego uzyskania synchronicznej liczby obrotów opór czynny klatki wirnika powinien być mały, gdyż wirnik silnika reluktancyjnego, działającego w czasie rozruchu jako silnik indukcyjny, osiągnie wtedy liczbę obrotów dość bliską synchronicznej liczby obrotów, co umożliwia osiągnięcie pracy synchronicznej. Dla uniknięcia lub znacznego ograniczenia wahań wielkości momentu rozruchowego silnika reluktancyjnego w zależności od położenia wirnika celowe jest wykonywanie pakietu blach wirnika ze skosem żłobków, zwłaszcza dla silników o niskim momencie rozruchowym.

Silniki reluktancyjne można wykonywać z uzwojeniem stojana trójfazowym lub jednofazowym z fazą rozruchową, zazwyczaj jako silniki o mocy poniżej 1 kW lub nieznacznie przekraczającej 1 kW. W tych granicach mocy znajdują one zastosowanie w szeregu napędów synchronicznych, szczególnie tam, gdzie główną rolę gra uniknięcie instalowania dodatkowego źródła prądu stałego, oraz do różnych celów specjalnych np. cechowania obrotomierzy, w układach sygnalizacyjnych, tele- i radiotechnice, telewizji, technice filmowej itp.

Pewną odmianę silnika reluktancyjnego stanowi silnik reluktancyjny podsynchroniczny o liczbie biegunów wystających większej od liczby biegunów elektrycznych uzwojenia pierwotnego. Taki silnik pracuje przy stałej, lecz mniejszej od synchronicznej liczbie obrotów.

3. Charakterystyka działania.

Wykres promieniowy. Rys. 2 przedstawia wykres Blondela jednej fazy silnika sychronicznego z wystającymi biegunami, ze wzbudzeniem większym od zera, dla stanu pracy określonego kątem obciążenia ϑ.

Prąd twornika I, opóźniony o kąt φ w stosunku do napięcia sieci U, może być rozpatrywany jako wypadkowa składowej oddziaływania poprzecznego

$$(3)\quad I_q = I \cdot \cos\psi,$$

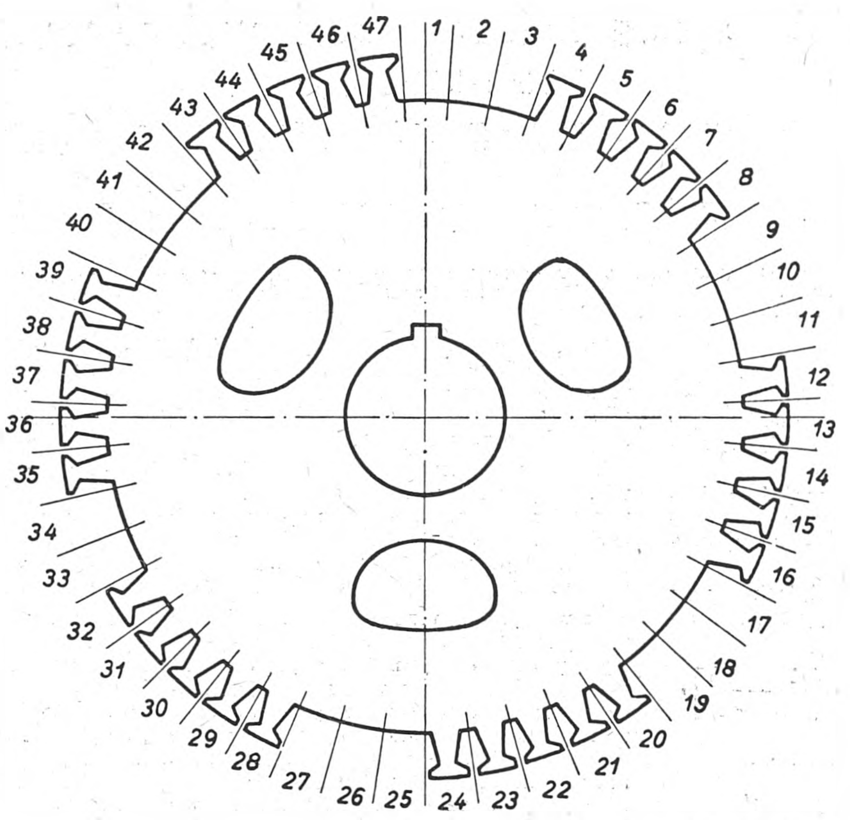
wytwarzającej pole poprzeczne oddziaływania twornika, oraz składowej oddziaływania podłużnego

$$(4)\quad I_l = I \cdot \sin\psi,$$

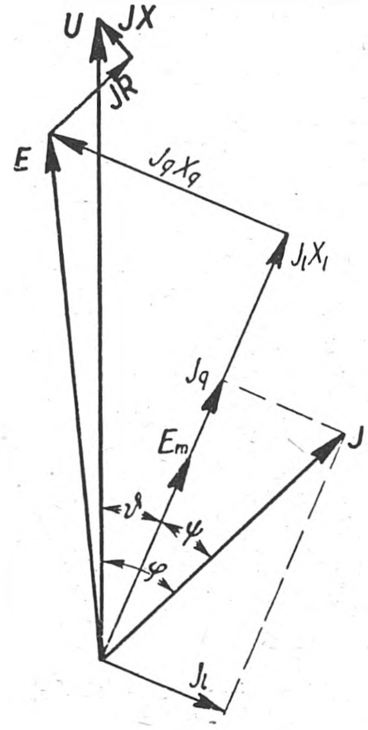
wytwarzającej pole podłużne oddziaływania twornika; oś tego drugiego pola jest zgodna z kierunkiem pola wytwarzanego przez uzwojenie wzbudzające silnika.

Kąt ψ jest kątem przesunięcia fazowego prądu twornika w stosunku do siły elektromotorycznej E_m uzwojenia biegunów.

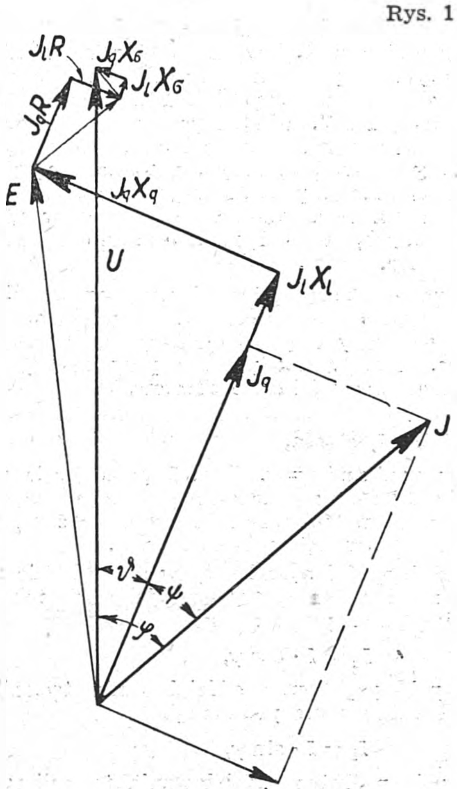
Siła elektromotoryczna E indukowana w uzwojeniu twornika — przy uwzględnieniu spadków napięć na oporach indukcyjnych oddziaływania twornika wzdłuż składowych podłużnej (X_l) i poprzecznej (X_q) — jest mniejsza od napięcia zasilającego U o spadek napięcia na oporze czynnym R oraz na oporze indukcyjnym rozproszenia X_s jednej fazy uzwojenia twornika.



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

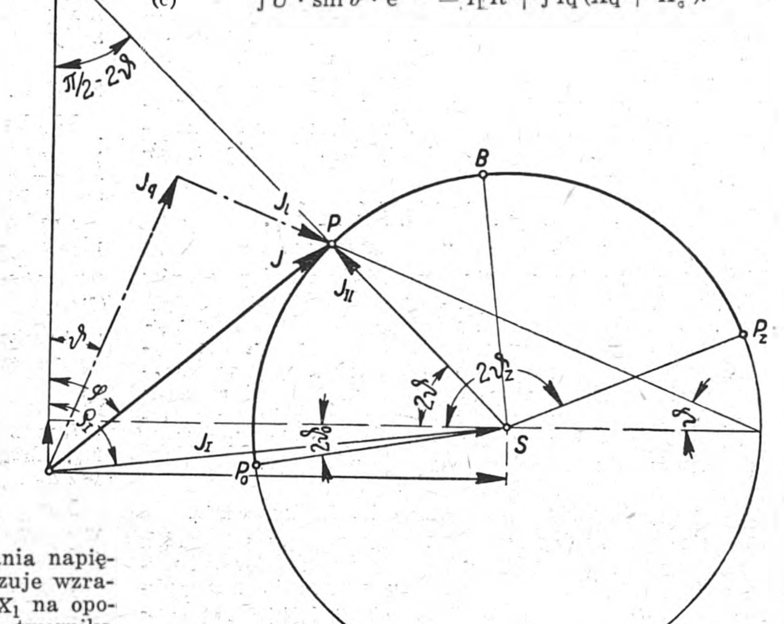
Analiza wykresu Blondela w miarę zmniejszania napięcia wzbudzenia, dla stałego napięcia sieci, wykazuje wzrastający równocześnie udział spadku napięcia $I_1 X_1$ na oporze biernym składowej podłużnej oddziaływania twornika na kształtowanie się siły elektromotorycznej uzwojenia twornika.

W granicznym przypadku odłączenia obwodu wzbudzenia, dla $E_m = 0$, na wielkość siły elektromotorycznej będą miały wpływ jedynie spadki napięcia wskutek oddziaływania twornika wzdłuż składowej podłużnej na oporze X_1 i składowej poprzecznej na oporze X_q. Jest to przypadek silnika reluktancyjnego, którego wykres przedstawia rys. 3.

Wykres pracy. Przyjmując kierunek promienia napięcia sieci jako oś liczb rzeczywistych i dodatni kierunek obrotu promieni w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu skazówek zegara, otrzymujemy na podstawie rys. 3 następujące równania składowych napięcia wzdłuż osi oddziaływania podłużnego i poprzecznego, napisane metodą symboliczną:

$$\hat{U} \cdot \cos\vartheta \cdot e^{-j\vartheta} = \hat{I}_q R + j\, \hat{I}_1 (X_1 + X_\sigma), \tag{5}$$

$$j\, \hat{U} \cdot \sin\vartheta \cdot e^{-j\vartheta} = \hat{I}_1 R + j\, \hat{I}_q (X_q + X_\sigma). \tag{6}$$



Rys. 4

Rozwiązanie układu równań (5) i (6) pozwala na wyznaczenie składowych I_l i I_q prądu twornika:

$$\hat{I}_l = -j \cdot \frac{(X_q + X_\sigma) \cdot \cos\vartheta - R \cdot \sin\vartheta}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \hat{U} \cdot e^{-j\vartheta}, \tag{7}$$

$$\hat{I}_q = \frac{(X_l + X_\sigma) \cdot \sin\vartheta + R \cdot \cos\vartheta}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \hat{U} \cdot e^{-j\vartheta}. \tag{8}$$

Pamiętając, że

$$\hat{I} = \hat{I}_l + \hat{I}_q, \tag{9}$$

i podstawiając do wzoru (9) wartości na $\hat{I}_l$ i $\hat{I}_q$, zmierzamy do otrzymania zależności przedstawiającej zmianę prądu $\hat{I}$ wraz z kątem obciążenia ϑ przy stałym napięciu zasilania.

Przy pominięciu mniej ważnych etapów przekształcenie ma przebieg następujący:

w kierunku kątów ujemnych od promienia E, a więc zgodnie z kierunkiem obrotu skazówek zegara.

Wpływ oporu czynnego uzwojenia twornika R i oporu rozproszenia X_σ powoduje przesunięcie kierunku promienia siły elektromotorycznej E o pewien kąt, odmierzany od napięcia sieci U w kierunku kątów dodatnich, przez co przesuwa się zakres pracy silnikowej na kole pracy, a mianowicie przebiega od punktu P_0 poprzez P do P_z.

M o m e n t o b r o t o w y s i l n i k a r e l u k t a n c y j n e g o z u w z g l ę d n i e n i e m o p o r u c z y n n e g o i o p o r u b i e r n e g o r o z p r o s z e n i a u z w o j e n i a t w o r n i k a. Wzór (2) podaje równanie momentu obrotowego silnika reluktancyjnego przy założeniu : $R = 0$, $X_\sigma = 0$. Silnik reluktancyjny, jako silnik małej mocy, a więc zazwyczaj o stosunkowo dużym oporze czynnym uzwojenia twornika, wymaga niekiedy do dokładniejszych

$$\hat{I} = \hat{I}_q + \hat{I}_l = = \frac{(X_l + X_\sigma)\cdot\sin\vartheta + R\cdot\cos\vartheta - j\cdot[(X_q + X_\sigma)\cdot\cos\vartheta - R\cdot\sin\vartheta]}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} \cdot e^{-j\vartheta} = \tag{10}$$

$$= \frac{R}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} - j \cdot \frac{X_\sigma + \frac{X_l + X_q}{2}}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} + j \cdot \frac{\frac{X_l - X_q}{2}}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} \cdot e^{-j\cdot 2\vartheta} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{2R - j\cdot(X_l + X_q + 2X_\sigma)}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} + j \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{X_l - X_q}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} \cdot e^{-j\cdot 2\vartheta}.$$

Z równania (10) wynika, że prąd twornika można rozpatrywać także jako wypadkową dwóch prądów składowych

$$\hat{I}_I = \frac{1}{2} \cdot \frac{2R - j\cdot(X_l + X_q + 2X_\sigma)}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} \tag{11}$$

oraz

$$\hat{I}_{II} = j \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{X_l - X_q}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U} \cdot e^{-j\cdot 2\vartheta}. \tag{12}$$

Prąd $\hat{I}_I$, jak wynika z równania (11), jest wypadkową składowej będącej w fazie z napięciem sieci

$$\frac{R}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U}$$

i składowej

$$-j \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{X_l + X_q + 2X_\sigma}{R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)} \cdot \hat{U}$$

przesuniętej o kąt $-\frac{\pi}{2}$ w stosunku do napięcia sieci. Tworzy on z kierunkiem napięcia sieci kąt ϱ_I określony zależnością

$$\operatorname{tg} \varrho_I = -\frac{X_l + X_q + 2X_\sigma}{2R}, \tag{13}$$

a wielkość i położenie jego nie zależy przy tym od kąta obciążenia ϑ, a więc od obciążenia silnika.

Prąd $\hat{I}_{II}$ zgodnie z równaniem (12) tworzy z promieniem napięcia sieci kąt $\frac{\pi}{2} - 2\vartheta$, a więc jak widać obraca się dokoła punktu S, końca promienia prądu $\hat{I}_I$, wraz ze zmianą kąta 2ϑ, kreśląc okrąg koła pracy maszyny reluktancyjnej (rys. 4).

Równanie (10) jest więc równaniem okręgu koła pracy maszyny reluktancyjnej napisanym metodą symboliczną i wyjaśnia, że przy zmianie kąta obciążenia od 0 do 2π koniec P promienia prądu twornika dwukrotnie obiega koło, określone omawianym równaniem.

Interesujący — z punktu widzenia rozważań działania silnika reluktancyjnego — zakres pracy silnikowej maszyny reluktancyjnej odpowiada kątom pomiędzy siłą elektromotoryczną silnika E a kierunkiem prądu I_q (rys. 3), zmieniającym się w granicach od 0 do $\frac{\pi}{2}$, odmierzanym

obliczeń stanów jego pracy uwzględnienia oporu uzwojenia, jak również wpływu rozproszenia magnetycznego.

Moment obrotowy dla maszyny z polem wirującym wyraża się zależnością

$$M = \frac{P_i}{\omega/p}, \tag{14}$$

gdzie ω/p jest przestrzenną prędkością kątową pola wirującego, P_i zaś mocą pola wirującego lub tzw. mocą wewnętrzną maszyny czyli w przypadku pracy silnikowej mocą czynną P_{el}, pobraną przez uzwojenie twornika, lecz zmniejszoną o wielkość strat w uzwojeniu i żelazie twornika.

Rozważania zmian momentu obrotowego silnika reluktancyjnego w funkcji kąta obciążenia, prowadzone głównie dla wyznaczenia granicznych wartości momentu, nie stracą na dokładności, jeśli pominąć straty w żelazie oraz straty mechaniczne, które dla maszyn synchronicznych (n=const.) uważać można za stałe i niezależne od obciążenia.

Oznaczając stratę mocy w oporze czynnym uzwojenia twornika przez ΔP_{cu_t}, otrzymamy wyrażenie mocy wewnętrznej:

$$P_i = P_{el} - \Delta P_{cu_t} = m \cdot (U\, I \cos\varphi - I^2 R) \tag{15}$$

oraz momentu obrotowego:

$$M = \frac{m}{\omega/p} (U\, I \cos\varphi - I^2 R), \tag{16}$$

przy czym na zmianę wielkości momentu wpływać będzie jedynie wyrażenie w nawiasie.

W dalszych rozważaniach posługiwać się będziemy dla uproszczenia jedynie wartościami bezwzględnymi kątów obciążenia i przesunięcia fazowego napięcia i prądu, pamiętając jednak, że dla pracy silnikowej maszyny reluktancyjnej mają one wartości ujemne.

Na podstawie wykresu promieniowego silnika reluktancyjnego (rys. 3) otrzymujemy

$$U\, I \cos\varphi - I^2 R = U\, I_q \cos\vartheta - U I_l \sin\vartheta - (I_q^2 + I_l^2) R \tag{17}$$

Podstawiając na I_l i I_q wartości wynikające z równań (7) i (8), otrzymujemy po dłuższych przekształceniach wyrażenie na wielkość momentu obrotowego w postaci:

(18) $$M = \frac{97{,}3}{n} \cdot \frac{m\,U^2}{2} \cdot \frac{X_l - X_q}{[R^2 + (X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)]^2} \cdot \{[(X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma) - R^2] \cdot \sin 2\vartheta + R \cdot (X_l + X_q + 2X_\sigma) \cdot \cos 2\vartheta - R \cdot (X_l - X_q)\} \quad \text{cmkg.}$$

Analiza równania (18) z punktu widzenia wpływu oporu czynnego uzwojenia twornika na wielkość momentu obrotowego silnika wykazuje, że przy stałym napięciu sieci i stałych pozostałych parametrach silnika wzrost oporu R powoduje nieznaczny wzrost wartości momentu obrotowego.

W miarę jednak wzrostu obciążenia, a zwłaszcza dla wartości kąta obciążenia odpowiadającej pracy znamionowej silnika istnienie oporu czynnego wpływa na zmniejszanie wartości momentu obrotowego.

Biorąc pod uwagę, że na uwzględnieniu momentu obrotowego zależy nam głównie w pobliżu pracy znamionowej, widzimy, że przy projektowaniu silnika reluktancyjnego trzeba dążyć do jak największego zmniejszenia oporu czynnego uzwojenia twornika zwłaszcza w stosunku do oporów X_q i X_l.

Oczywiście, ograniczenie możliwie do najmniejszych granic oporu biernego rozproszenia X_σ uzwojenia twornika wpływa także na zwiększenie momentu obrotowego silnika, co zresztą wynika również z rozważań nad równaniem (18).

Wyrażenie na moment obrotowy uwypukla ponadto wpływ czynnika $(X_l - X_q)$ na wielkość momentu przy danym obciążeniu, co skłania do utrzymywania stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ w możliwie niskich granicach.

Na podstawie dotychczasowych rozważań możemy stwierdzić, że dla osiągnięcia możliwie najwyższej wartości momentu obrotowego dla dowolnego obciążenia należy dążyć do zmniejszenia w granicach możliwości techniczno-konstrukcyjnych parametrów $\frac{R}{X_l}$, $\frac{X_q}{X_l}$ oraz $\frac{X_\sigma}{X_l}$ silnika reluktancyjnego.

Dalsze rozważania nad wzorem (18) prowadzą do wyznaczenia wartości bezwzględnych kąta obciążenia, przy których moment obrotowy osiąga wartość największą M_{max} oraz staje się równy zeru.

Żeby wyznaczyć dla momentu największego kąt obciążenia, którego przekroczenie sprowadza wypadnięcie silnika z synchronizmu, należy przyrównać do zera pochodną względem kąta ϑ wyrażenia w nawiasie klamrowym równania (18).

Wynik obliczenia wykazuje, że moment obrotowy osiąga wartość największą M_{max} dla kąta obciążenia $2\vartheta_{max}$ określonego funkcją:

(19) $$\operatorname{tg} 2\vartheta_{max} = \frac{(X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma) - R^2}{R\,(X_l + X_q + 2X_\sigma)}.$$

Porównanie wartości bezwzględnych funkcji kątów $2\vartheta_{max}$ i ϱ_I, określonych równaniami (19) i (13), wykazuje, że kąt $2\vartheta_{max}$ jest mniejszy od kąta ϱ_I, a więc punkt M_{max} na okręgu pracy (rys. 4) odpowiadający $2\vartheta_{max}$ leży na lewo od punktu B kończącego odcinek SB prostopadły do promienia prądu $\hat{I}_I$. Różnica między omawianymi kątami maleje w miarę zmniejszania się oporu czynnego R uzwojenia twornika, przy czym oba kąty, zarówno $2\vartheta_{max}$, jak i ϱ_I, dążą do wartości bezwzględnej $\frac{\pi}{2}$.

W toku dalszej analizy równania (18) przyrównanie do zera wyrażenia w nawiasie klamrowym pozwala na wyznaczenie wartości kątów obciążenia, dla których moment obrotowy silnika staje się równy zeru, co nastąpi przy biegu jałowym silnika, gdy kąt między siłą elektromotoryczną silnika a prądem I_q będzie równy zeru, oraz przy zahamowaniu wirnika silnika przy zasilonym jednocześnie napięciem znamionowym uzwojeniu stojana, gdy kąt między siłą elektromotoryczną a prądem I_q wynosi $\frac{\pi}{2}$.

Odpowiednie punkty na kole pracy silnika P_o i P_z (rys. 4) wyznaczone są przez kąty ϑ_o i ϑ_z określone z równania (18) następującymi zależnościami:

(20) $$\sin 2\vartheta_o = -2R\,[(X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma) - R^2] \cdot \frac{X_q + X_\sigma}{[(X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma) - R^2]^2 + [R\,(X_l + X_q + 2X_\sigma)]^2};$$

(21) $$\cos 2\vartheta_z = -\frac{R^2 (X_l - X_q)(X_l + X_q + 2X_\sigma) - \{[(X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma)]^2 - R^4\}}{[(X_l + X_\sigma)(X_q + X_\sigma) - R^2]^2 + [R\,(X_l + X_q + 2X_\sigma)]^2}.$$

Równanie (20) wyjaśnia wpływ oporu czynnego R i oporu rozproszenia X_σ na przesunięcie punktu pracy P_o dla biegu jałowego w kierunku przeciwnym do kierunku obrotu skazówek zegara od położenia odpowiadającego kątowi $\vartheta = 0$.

Również dzięki oporowi R i X_σ ulega przesunięciu w tym samym kierunku co P_o punkt pracy P_z przy zahamowanym wirniku od położenia odpowiadającego kątowi $2\vartheta = \pi$, gdzie znalazłby się on w przypadku pominięcia oporu czynnego i oporu rozproszenia uzwojenia stojana.

W tym teoretycznym przypadku zakres pracy silnikowej odpowiadałby zmianom kąta obciążenia od wartości $\vartheta_o = 0$ do $\vartheta_z = \frac{\pi}{2}$.

N a j w i ę k s z y   m o m e n t   o b r o t o w y   s i l n i k a   r e l u k t a n c y j n e g o. Wartość największego momentu obrotowego silnika reluktancyjnego określa wzór (18) przy podstawieniu wartości kąta obciążenia ϑ_{max} otrzymanej z zależności (19).

Nadając równaniu (19) postać:

(22) $$\operatorname{tg} 2\vartheta_{max} = \frac{\frac{X_q + X_\sigma}{X_l + X_\sigma} - \left(\frac{R}{X_l + X_\sigma}\right)^2}{\frac{R}{X_l + X_\sigma} \cdot \left(1 + \frac{X_q + X_\sigma}{X_l + X_\sigma}\right)},$$

widzimy, że $\operatorname{tg} 2\vartheta_{max} = 0$ dla

$$\frac{X_q + X_\sigma}{X_l + X_\sigma} = \left(\frac{R}{X_l + X_\sigma}\right)^2.$$

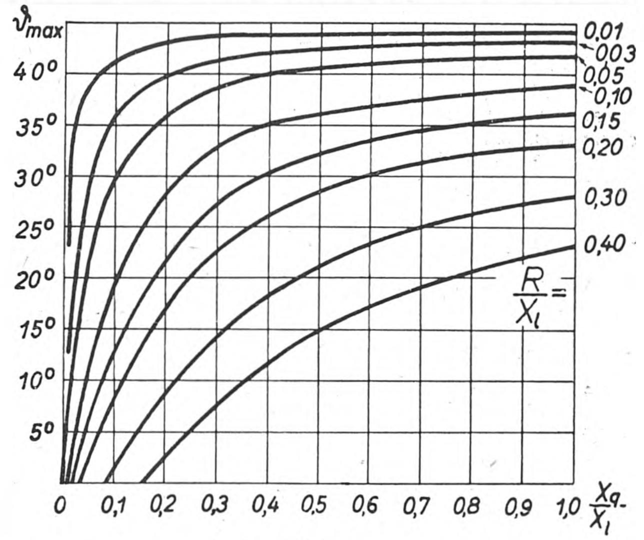
Wynika stąd warunek możliwości pracy silnika reluktancyjnego:

(23) $$\frac{X_q + X_\sigma}{X_l + X_\sigma} > \left(\frac{R}{X_l + X_\sigma}\right)^2.$$

Jest on spełniony w praktyce zawsze ze względu na małą wartość (rzędu na ogół poniżej 0,1) stosunku $\frac{R}{X_l + X_\sigma}$.

Pomocne przy wyznaczaniu kąta ϑ_{max} krzywe na rys. 5 przedstawiają zmianę kąta obciążenia ϑ_{max}, dla którego moment obrotowy silnika osiąga wartość największą w zależności od stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ dla różnych wartości parametru $\frac{R}{X_l}$. Krzywe wyznaczone na podstawie zależności o budowie równania (22), są więc słuszne zarówno dla przypadku pominięcia rozproszenia uzwojenia stojana, jak i dla przypadku uwzględniającego rozproszenie, pod warunkiem, że wartości na osi odciętych będą odpowiadały stosunkowi $\frac{X_q + X_\sigma}{X_l + X_\sigma}$, a wartości parametru stosunkowi $\frac{R}{X_l + X_\sigma}$.

Analiza przebiegu krzywych wykazuje, że im mniejszy jest stosunek $\frac{R}{X_l}$, tym większa jest wartość kąta ϑ_{max}, odpowiadającego punktowi na wykresie pracy silnika, dla największego momentu obrotowego, przez co zwiększa się



Rys. 5

obszar pracy synchronicznej silnika, oraz tym mniej wspomniana wartość największa kąta ϑ_{max} zależy od stosunku $\frac{X_q}{X_l}$.

Rozpatrując zmianę kąta ϑ_{max} w zależności od $\frac{X_q}{X_l}$ dla ustalonej wartości parametru $\frac{R}{X_l}$, można by wyciągnąć niesłuszny wniosek, że moment największy silnika będzie miał tym większą wartość, im większy będzie stosunek $\frac{X_q}{X_l}$, gdyż z jego wzrostem zwiększa się wartość kąta ϑ_{max}. Badanie równania (18) momentu obrotowego silnika wykazuje niesłuszność takiego przypuszczenia. Pomijając fakt, że ze wzrostem kąta ϑ zmniejsza się wartość funkcji cos 2ϑ, trzeba głównie uwzględnić, że w miarę wzrostu stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ szybciej maleje różnica (X_l-X_q), niż wzrasta wartość funkcji sin 2ϑ; a więc zmniejsza się również wartość momentu obrotowego.

Równania te potwierdzają podane wyżej wskazówki o konieczności utrzymania w możliwie niskich granicach m. inn. parametrów $\frac{R}{X_l}$ oraz $\frac{X_q}{X_l}$ z punktu widzenia zagadnienia otrzymania możliwie dużego momentu obrotowego silnika reluktancyjnego.

W obliczeniach wielkości momentu obrotowego do celów praktycznych wystarczającą dokładność osiąga się zazwyczaj także przy pominięciu oporu biernego rozproszenia uzwojenia stojana, przy uwzględnieniu natomiast wielkości strat mocy w żelazie ΔP_{Fe} oraz strat mechanicznych ΔP_m.

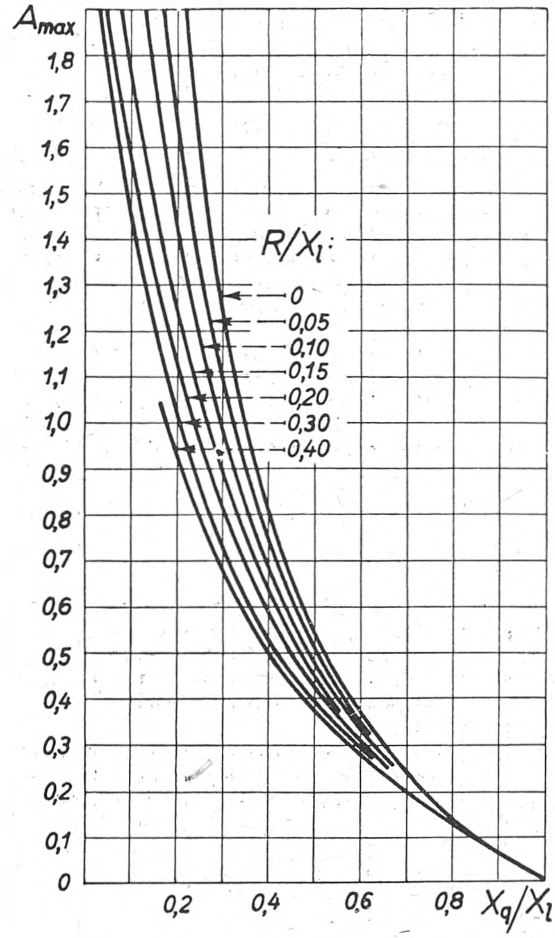
Uwzględniając to oraz wprowadzając do równania stosunki $\frac{X_q}{X_l}$ oraz $\frac{R}{X_l}$, otrzymamy dla wielkości momentu największego silnika reluktancyjnego zależność:

(24) $$M_{max} = \frac{97{,}3}{n}\left[\frac{mU^2}{X_l}\cdot\frac{A_{max}}{1+\frac{R}{X_q}\cdot\frac{R}{X_l}} - (\Delta P_{Fe}+\Delta P_m)\right] \text{cmkg},$$

jeśli postawić wartość napięcia sieci w woltach, straty mocy w watach oraz n — synchroniczną liczbę obrotów na minutę.

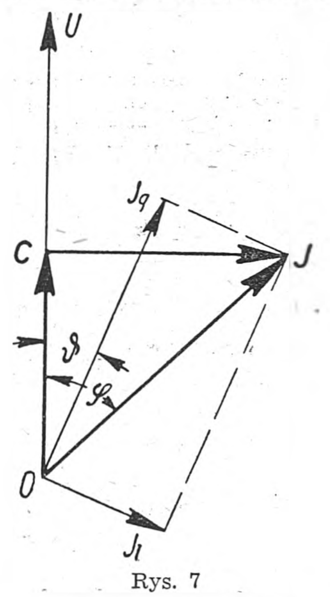
Stała A_{max} jest skomplikowaną funkcją stosunków $\frac{X_q}{X_l}$ i $\frac{R}{X_l}$ oraz kąta obciążenia ϑ. Wykres na rys. 6 dla wartości największych A_{max}, obliczonych w stosunku do kąta obciążenia ϑ w funkcji $\frac{X_q}{X_l}$ dla różnych wartości parametru $\frac{R}{X_l}$, zaczerpnięto z artykułu P. H. Trickey'a [7].

W s p ó ł c z y n n i k m o c y. Wyrażenie, określające kąt przesunięcia fazowego między promieniem napięcia



Rys. 6

sieci a promieniem prądu twornika silnika reluktancyjnego, przybiera bardziej przejrzystą postać, jeśli badanie



Rys. 7

współczynnika mocy silnika sprowadzić do analizy zmiany tg φ. Zależność

(25) $$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\text{tg}^2\varphi}}$$

pozwala przy tym na swobodne przejście do wartości współczynnika mocy.

Wyrażając rzuty prądu twornika I na kierunek napięcia sieci i prostopadły do niego (rys. 7) przez prądy składowe I_q i I_l oraz przez funkcje kąta obciążenia ϑ, można napisać z trójkąta OIC:

$$\text{(26)} \qquad \text{tg}\varphi = \frac{CI}{OC} = \frac{I_q \cdot \sin\vartheta + I_l \cdot \cos\vartheta}{I_q \cdot \cos\vartheta - I_l \cdot \sin\vartheta}$$

Podstawiając na I_l i I_q wartości wynikające z równań (7) i (8) oraz dokonując odpowiednich przekształceń, otrzymujemy

$$\text{(27)} \qquad \text{tg}\varphi = \frac{X_l + X_q + 2X_0 - (X_l - X_q)\cdot\cos 2\vartheta}{R + (X_l - X_q)\cdot \sin 2\vartheta}.$$

Otrzymane wyrażenie łącznie z zależnością (25) pozwala na wyznaczenie współczynnika mocy dla dowolnego stanu pracy danego silnika reluktancyjnego.

Analiza budowy otrzymanego wyrażenia wykazuje, że dla danego stałego kąta obciążenia ϑ wartość funkcji tg φ będzie tym mniejsza, a więc współczynnik mocy będzie tym większy, im większa będzie różnica $X_l - X_q$ oraz im większy będzie opór czynny R uzwojenia stojana w stosunku do X_l. Przeważający jednak wpływ ma różnica $X_l - X_q$; uwzględniając więc ujemny wpływ zwiększania oporu czynnego uzwojenia twornika na wartość największego momentu obrotowego, powinniśmy dążyć (dla osiągnięcia dużego współczynnika mocy) do utrzymania stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ w możliwie niskich granicach, bez jednoczesnego powiększania stosunku $\frac{R}{X_l}$.

Celem dalszego badania wyrażenia (27) będzie określenie wielkości kąta ϑ, dla którego współczynnik mocy danego silnika o stałych parametrach osiąga wartość największą. Na wykresie pracy silnika kątowi temu będzie odpowiadał punkt styczności promienia prądu twornika I z okręgiem koła pracy.

Zagadnienie więc sprowadza się do przyrównania do zera pochodnej względem kąta ϑ wyrażenia (27). Wynik obliczenia wyraża kąt $\vartheta_{(\cos\varphi)\max}$ w postaci funkcji:

$$\text{(28)} \qquad \sin 2\vartheta_{(\cos\varphi)\max} = \frac{-R\cdot(X_l - X_q) + (X_l + X_q + 2X_0)\cdot\sqrt{4(X_l+X_0)(X_q+X_0)+R^2}}{(X_l + X_q + 2X_0)^2 R^2}$$

lub

$$\text{(29)} \qquad \cos 2\vartheta_{(\cos\varphi)\max} = \frac{(X_l - X_q)\cdot(X_l + X_q + 2X_0) + R\sqrt{4(X_l+X_0)(X_q+X_0)+R^2}}{(X_l + X_q + 2X_0)^2 + R^2}$$

Podstawiając zależności (28) i (29) do równania (27), otrzymujemy po przekształceniach wyrażenie pozwalające na wyznaczenie najmniejszej wartości kąta φ, a więc pośrednio największej wartości współczynnika mocy dla silnika o danych porametrach R, X_q, X_l i X_0:

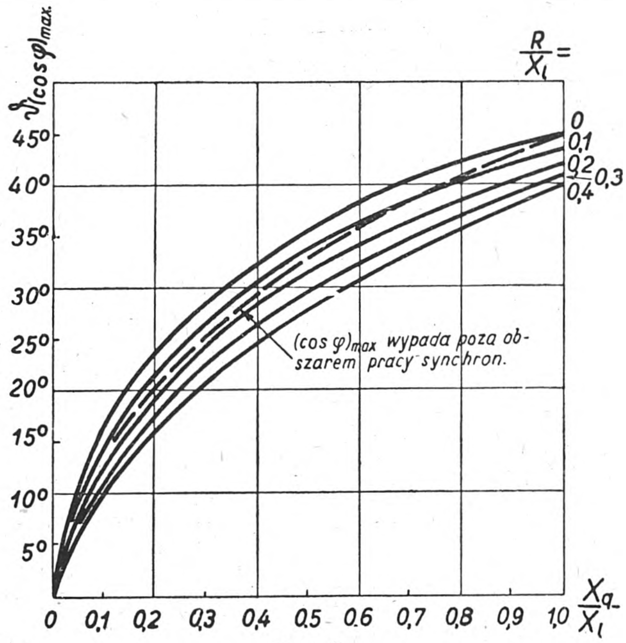
$$\text{(30)} \qquad \text{tg}\varphi_{\min} = \frac{(X_l + X_q + 2X_0)\cdot\sqrt{4(X_l+X_0)(X_q+X_0)+R^2} - R\cdot(X_l - X_q)}{R\cdot\sqrt{4(X_l+X_0)(X_q+X_0)+R^2} + (X_l - X_q)(X_l + X_q + 2X_0)}$$

Wyrażając równania (28) i (30) w postaci funkcji stosunku $\frac{X_q + X_0}{X_l + X_0}$ z parametrem $\frac{R}{X_l + X_0}$, otrzymujemy zależności:

Na podstawie równania (31) wyznaczono (rys. 8) wartości kąta obciążenia ϑ odpowiadające największemu współczynnikowi mocy w zależności od stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ dla kilku wartości parametru $\frac{R}{X_l}$.

Rys. 9 przedstawia w tej samej zależności wartości największego współczynnika mocy, wyznaczone pośrednio przy pomocy równania (32).

Wartości odczytane z wykresów na rys. 8 i 9 będą słuszne również przy podstawieniu na osi odciętych wartości stosunku $\frac{X_q + X_0}{X_q + X_0}$ oraz wartości parametrów odpowiadających stosunkowi $\frac{R}{X_l + X_0}$. Praktycznie uzyskanie największej wartości współczynnika mocy danego silnika możliwe jest tylko wtedy, gdy odpowiadający wartości $(\cos\varphi)_{\max}$ kąt



Rys. 8

obciążenia ϑ jest mniejszy od kąta $\vartheta_{\max}$, odpowiadającego osiągnięciu przez silnik największego momentu obrotowego, powyżej którego silnik wypada z synchronizmu.

Innymi słowy współczynnik mocy winien osiągnąć wartość największą w obszarze pracy synchronicznej silnika reluktancyjnego.

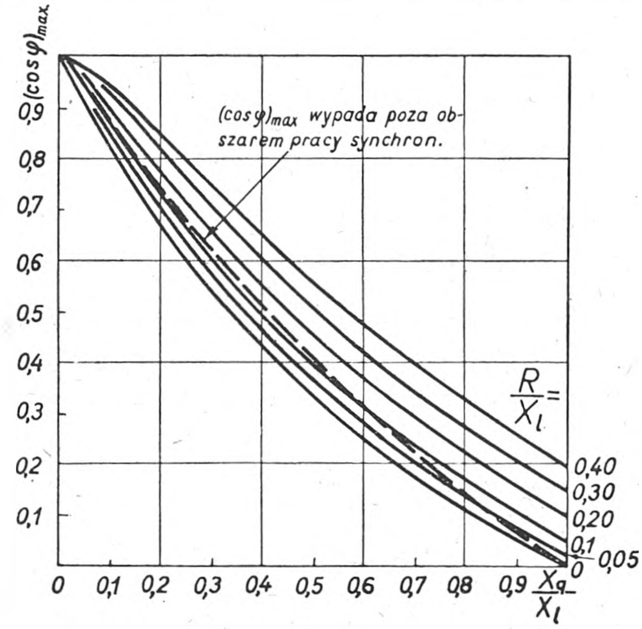
Porównanie wykresów z rys. 8 z wykresami z rys. 5 wykazuje, że w miarę wzrostu wartości parametru $\frac{R}{X_l}$ przy stałym stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ punkt pracy odpowiadający $(\cos\varphi)_{\max}$ przesuwa się do punktu odpowiadającego kątowi $\vartheta_{\max}$ i po przekroczeniu wartości granicznej stosunku $\frac{R}{X_l}$ wypada poza obszarem pracy synchronicznej silnika.

$$\text{(31)} \qquad \sin 2\vartheta_{(\cos\varphi)\max} = \frac{-\frac{R}{X_l+X_0}\left(1-\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}\right)+\left(1+\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}\right)\cdot\sqrt{4\cdot\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}+\left(\frac{R}{X_l+X_0}\right)^2}}{\left(1+\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}\right)^2+\left(\frac{R}{X_l+X_0}\right)^2}$$

$$\text{(32)} \qquad \text{tg}\varphi_{\min} = \frac{\left(1+\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}\right)\sqrt{4\cdot\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}+\left(\frac{R}{X_l+X_0}\right)^2}-\frac{R}{X_l+X_q}\left(1-\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}\right)}{\frac{R}{X_l+X_0}\cdot\sqrt{4\cdot\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}+\left(\frac{R}{X_l+X_0}\right)^2}+1-\left(\frac{X_q+X_0}{X_l+X_0}\right)^2}$$

Omawiana wartość graniczna stosunku $\frac{R}{X_l}$ zmniejsza się ponadto w miarę wzrostu stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ wzdłuż krzywej, której orientacyjny przebieg oznaczono na rys. 8 i 9 linią kreskowaną.

Przedstawione rozważania wyjaśniają tendencję utrzymania stosunku $\frac{R}{X_l}$ w możliwie niskich granicach dla umożliwienia wyzyskania największej wartości współczynnika



Rys. 9

mocy w zakresie pracy synchronicznej silnika reluktancyjnego.

4. Obliczanie X_l i X_q. Dobór szerokości łuku bieguna.

Oddziaływanie twornika powoduje indukowanie się w uzwojeniu twornika sił elektromotorycznych oddziaływania podłużnego E_{al} oraz oddziaływania poprzecznego E_{aq}. Odpowiednie opory indukcyjne oddziaływania twornika wzdłuż osi podłużnej i osi poprzecznej można więc określić jako stosunek siły elektromotorycznej oddziaływania twornika wzdłuż odpowiedniej osi do składowej prądu twornika.

Rozpatrując oddziaływanie twornika wzdłuż osi podłużnej możemy napisać:

$$X_l = \frac{E_{al}}{I_l}. \tag{33}$$

Ograniczając się dla uproszczenia rozważań do prostoliniowej części charakterystyki magnesowania maszyny i uzależniając wielkość indukowanej siły elektromotorycznej E jedynie od wielkości przepływu Θ_p potrzebnego do przejścia strumienia magnetycznego wzdłuż długości szczeliny powietrznej, możemy z wystarczającą dokładnością wyrazić siłę elektromotoryczną oddziaływania podłużnego zależnością:

$$E_{al} = \frac{E}{\Theta_p} \cdot \Theta_{a_1 l}. \tag{34}$$

$\Theta_{a_1 l}$ w równaniu (34) jest to amplituda składowej podłużnej podstawowej harmonicznej przepływu oddziaływania twornika Θ_{a_1} sprowadzona do stałej na całym obwodzie wirnika szczeliny δ.

Dla jednej fazy uzwojenia twornika mamy:

$$\Theta_{a_1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot \frac{z \cdot k_{w_1}}{p} \cdot I, \tag{35}$$

gdzie z — liczba zwojów jednej fazy uzwojenia twornika,
k_{w_1} — współczynnik wypadkowy uzwojenia twornika dla pierwszej harmonicznej,
p — liczba par biegunów uzwojenia silnika.

Oznaczając literą ψ kąt pomiędzy kierunkiem promienia prądu twornika I a kierunkiem jego składowej wzdłuż osi poprzecznej I_q, możemy napisać:

$$I_l = I \cdot \sin\psi \tag{36}$$

oraz

$$\Theta_{a_1 l} = k_{al} \cdot \Theta_{a_1} \cdot \sin\psi, \tag{37}$$

gdzie

$$k_{al} = \frac{\pi\alpha_i + \sin\pi\alpha_i}{\pi} \tag{38}$$

jest współczynnikiem sprowadzającym amplitudę składowej podłużnej przepływu oddziaływania twornika $\Theta_{a_1} \cdot \sin\psi$ do jednostajnej szczeliny wzdłuż obwodu twornika, a

$$\alpha_i = \frac{b_i}{\tau} \tag{39}$$

jest idealnym współczynnikiem zapełnienia podziałki biegunowej, wyrażającym stosunek idealnej długości łuku bieguna b_i do podziałki biegunowej τ.

Pamiętając, że

$$E = \sqrt{2} \cdot \pi \cdot \Phi \cdot z \cdot k_{w_1} \cdot f, \tag{40}$$

a strumień magnetyczny

$$\Phi = B_p \cdot \alpha_i \cdot \tau \cdot l_i, \tag{41}$$

gdzie f — częstotliwość sieci zasilającej,
B_p — indukcja magnetyczna w szczelinie powietrznej,
l_i — idealna długość twornika,

i wyrażając przepływ

$$\Theta_p = 1{,}6 \cdot k_c \cdot \delta \cdot B_p \tag{42}$$

gdzie δ — pojedyncza długość szczeliny powierznej,
k_c — współczynnik Cartera powiększenia szczeliny powietrznej,

otrzymujemy po podstawieniu do równania (33) odpowiednich zależności (34) do (42):

$$X_l = 1{,}25 \cdot \frac{f \cdot l_i}{k_c \cdot p} \cdot \frac{\tau}{\delta} \cdot \left(z \cdot k_{w_1}\right)^2 \cdot \alpha_i \cdot k_{al}. \tag{43}$$

Oznaczając:

$$C = 1{,}25 \cdot \frac{f \cdot l_i}{k_c \cdot p} \cdot \frac{\tau}{\delta} \cdot \left(z \cdot k_{w_1}\right)^2 \tag{44}$$

jako wielkość stałą dla danego silnika i wyrażając współczynnik k_{al} zgodnie z równaniem (38), możemy napisać:

$$X_l = C \cdot \frac{\pi\alpha_i + \sin\pi\alpha_i}{\pi} \cdot \alpha_i. \tag{45}$$

Rozważając w podobny sposób oddziaływanie twornika wzdłuż osi poprzecznej możemy napisać

$$X_q = \frac{E_{aq}}{I_q} \tag{46}$$

i analogicznie do równań (43) i (45)

$$X_q = 1{,}25 \cdot \frac{f \cdot l_i}{k_c \cdot p} \cdot \frac{\tau}{\delta} \cdot \left(z \cdot k_{w_1}\right)^2 \cdot \alpha_i k_{aq} \tag{47}$$

lub

$$X_q = C \cdot \frac{\pi\alpha_i - \sin\pi\alpha_i + \frac{2}{3}\cos\frac{\pi\alpha_i}{2}}{\pi} \cdot \alpha_i, \tag{48}$$

gdzie stała C odpowiada równ. (44), a k_{aq} — współczynnik sprowadzający amplitudę składowej poprzecznej przepływu oddziaływania twornika $\Theta_{a_1} \cdot \cos\psi$ do jednostajnej szczeliny wzdłuż obwodu twornika wynosi:

$$k_{aq} = \frac{\pi\alpha_i - \sin\pi\alpha_i + \frac{2}{3}\cos\frac{\pi\alpha_i}{2}}{\pi}. \tag{49}$$

Wnioski wysnute w dziale rozważającym działanie silnika reluktancyjnego wykazują, że warunkiem istotnym najkorzystniejszej pracy silnika jest utrzymanie w możliwie niskich granicach stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ lub, co jest równoznaczne, takie zaprojektowanie silnika, żeby różnica $X_l - X_q$ osiągała wartość możliwie jak największą.

Tworząc różnicę $X_l - X_q$ przez odjęcie stronami równania (47) od (43) otrzymujemy:

$$X_l - X_q = 1{,}25 \cdot \frac{f \cdot l_i}{k_c \cdot p} \cdot \frac{\tau}{\delta} \cdot \left(z \cdot k_{w_1}\right)^2 \cdot \left(k_{al} - k_{aq}\right) \cdot \alpha_i \tag{50}$$

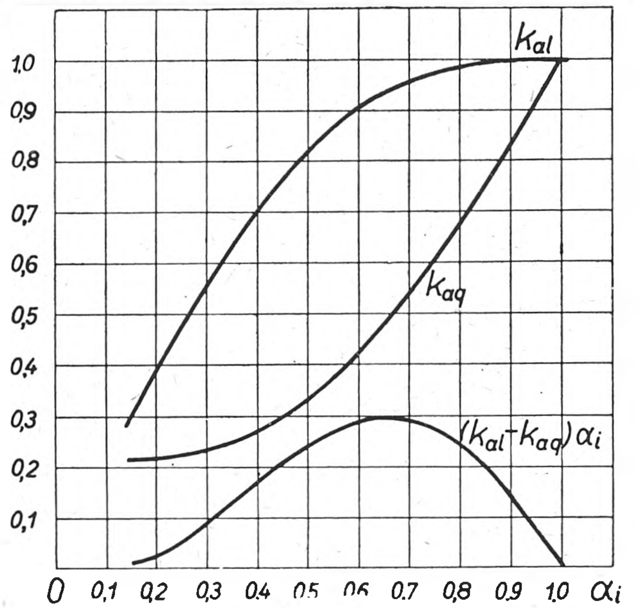
lub

(51) $$X_l - X_q = C \cdot (k_{al} - k_{aq}) \cdot \alpha_i \cdot$$

Podstawiając wartości współczynników k_{al} i k_{aq} zgodnie z równ. (38) i (49), otrzymujemy:

(52) $$X_l - X_q = C \cdot \frac{2 \sin \pi\alpha_i - \frac{2}{3} \cos \frac{\pi\alpha_i}{2}}{\pi} \cdot \alpha_i \cdot$$

Równanie (52) wykazuje, że dla danego silnika reluktancyjnego (C=const.) różnica $X_l - X_q$, a także, oczywiście, zarówno X_l jak X_q zależą jedynie od idealnej sze-



Rys. 10

rokości łuku bieguna za pośrednictwem współczynnika α_i, wpływającego na wielkość tej różnicy zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio przez współczynniki k_{al} i k_{aq}.

Różnica $X_l - X_q$ osiągnie więc wartość największą, gdy osiągnie maksimum iloczyn $(k_{al} - k_{aq}) \cdot \alpha_i$, co — jak wykazuje rozwiązanie — będzie przy $\alpha_i \cong 0{,}65$.

Rys. 10 przedstawia w zależności od idealnego współczynnika zapełnienia podziałki biegunowej α_i zmianę współczynników k_{al} i k_{aq}, jak również przebieg zmiany wyrażenia $(k_{al} - k_{aq}) \cdot \alpha_i$.

Dla celów praktycznych ważne jest ustalenie rzeczywistej szerokości łuku bieguna b, ewentualnie współczynnika zapełnienia podziałki biegunowej

(53) $$\alpha = \frac{b}{\tau},$$

odpowiadających wybranej wartości współczynnika α_i.

Wartość współczynnika α jest zawsze nieco mniejsza od wartości współczynnika α_i, gdyż zależy od stosunku długości szczeliny do szerokości łuku bieguna, przy czym im mniejszy jest ten stosunek $\frac{\delta}{b}$, tym bliższa jest wartość α wartości współczynnika α_i.

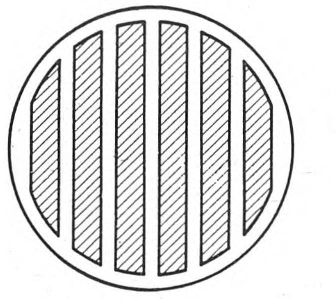
Tabl. I podaje dla orientacji obliczone przez Arnolda wartości współczynnika α_i dla różnych wartości α, dla przyjętego stosunku $\frac{\delta}{b} = \frac{1}{25}$. Dodatkowo dla wartości α = 0,55 podano również wartości α_i dla $\frac{\delta}{b} = \frac{3}{50}$ i $\frac{\delta}{b} = \frac{1}{50}$.

Tablica I

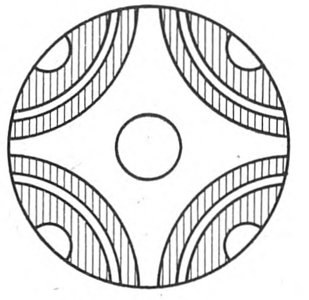
α	0,750	0,700	0,650	0,600	0,550			0,500	0,450
$\frac{\delta}{b}$	$\frac{1}{25}$				$\frac{3}{50}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{25}$	
α_i	0,773	0,728	0,682	0,635	0,604	0,587	0,552	0,536	0,486

Z tabl. I wynikają, jako najkorzystniejsze, wartości α w granicach 0,6 — 0,65, co odpowiada wycięciu części zębów wirnika na przestrzeni 35 — 40% podziałki biegunowej.

Celem dalszego zmniejszenia stosunku $\frac{X_q}{X_l}$ można stosować, jak podaje Kostienko, specjalną konstrukcję wirnika silnika reluktancyjnego, polegającą na składaniu wirnika



Rys. 11



Rys. 12

z płytek żelaznych, przedzielanych wstawkami z materiałów niemagnetycznych np. z aluminium.

Rys. 11 przedstawia przekrój tego rodzaju wirnika dla silnika dwubiegunowego, a rys. 12 dla silnika czterobiegunowego.

5. Porównanie silnika reluktancyjnego z odpowiednim silnikiem indukcyjnym i synchronicznym ze wzbudzeniem.

Silnik reluktancyjny — dogodny w zastosowaniu ze względu na brak wzbudzenia, co daje możność łatwego i taniego uzyskania napędu synchronicznego małej mocy — posiada jednak w porównaniu z odpowiednim silnikiem synchronicznym z biegunami wystającymi ze wzbudzeniem moment największy, stanowiący około 50% momentu największego normalnego silnika synchronicznego. Największa wartość kąta obciążenia przy pracy synchronicznej dochodzi dla silnika reluktancyjnego do wartości ϑ poniżej 45°, gdy dla zwykłego silnika synchronicznego z biegunami wystającymi dochodzi w praktyce do wartości około 75°, co świadczy o mniejszej zdolności roboczej silnika reluktancyjnego.

W porównaniu z odpowiednim silnikiem indukcyjnym silnik reluktancyjny ma w tym samym kadłubie moc stanowiącą około $\frac{1}{3}$, niekiedy do $\frac{1}{2}$ mocy znamionowej danego silnika indukcyjnego.

Współczynnik mocy i sprawność wypadają nieco mniejsze niż dla tej samej maszyny pracującej jako silnik indukcyjny przy $\frac{1}{3}$ obciążenia znamionowego i nieznacznie mniejsze od współczynnika mocy i sprawności silnika indukcyjnego o tej samej mocy znamionowej i liczbie obrotów, co dany silnik reluktancyjny.

Mimo wymienionych braków silnik reluktancyjny dzięki swej prostocie wykonania i eksploatacji znajduje szerokie zastosowanie w licznych działach napędu szczególnie na terenie Związku Radzieckiego, a także w dużym stopniu w przemyśle amerykańskim.

6. Przykład.

Charakterystyka pracy trójfazowego silnika reluktancyjnego na 200 W, 1500 obr./min. Napięcie fazowe 127 V. Pozostałe parametry silnika: $X_l = 149\ \Omega$; $X_q = 43{,}2\ \Omega$; $R = 6{,}76\ \Omega$. Wpływ rozproszenia pominięto ($X_s = 0$). Suma strat w żelazie wirnika i strat mechanicznych: $\Delta P_{Fe} + \Delta P_m = 21{,}7 + 5{,}8 = 27{,}5$ W.

Zgodnie z równaniem (24), podstawiając odczytaną z rys. 6 wartość $A_{max} = 1{,}10$ dla $\frac{X_q}{X_l} = 0{,}29$ i $\frac{R}{X_l} = 0{,}0454$, otrzymujemy wartość największą momentu obrotowego silnika $M_{max} = 21{,}35$ cmkg.

Podstawiając do równania (18) wartość parametrów silnika i uwzględniając nadto wielkość strat w żelazie wirnika i strat mechanicznych, otrzymujemy wyrażenie przedstawiające zmianę momentu obrotowego silnika w funkcji kąta obciążenia:

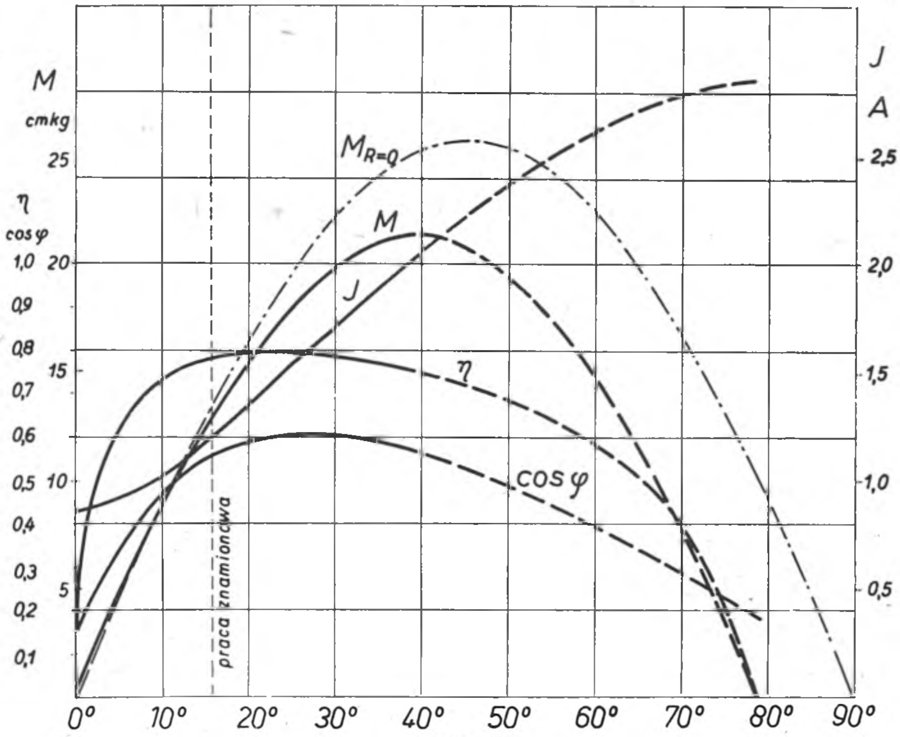
$$M = \frac{97,3}{1500} \cdot \left\{ \frac{3 \cdot 127^2}{2} \cdot \frac{149 - 43,2}{(6,76^2 + 149 \cdot 43,2)^2} \cdot [(149 \cdot 43,2 - 6,76^2) \cdot \sin 2\vartheta + 6,76 \cdot (149 + 43,2) \cdot \cos 2\vartheta - 6,76 \cdot (149 - 43,2)] - 27,5 \right\} \text{cmkg.}$$

Po uproszczeniu:

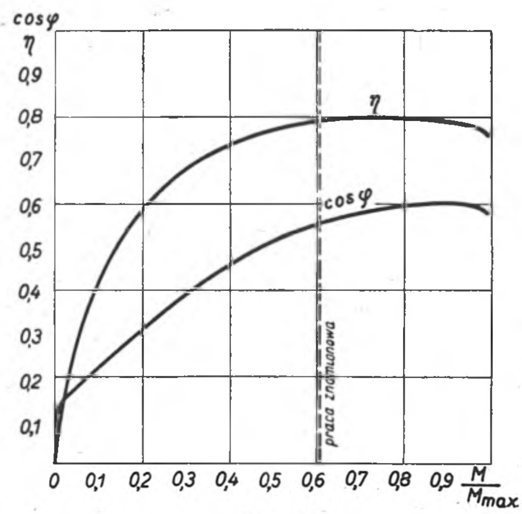
$$M + 25,3 \sin 2\vartheta + 5,15 \cos 2\vartheta - 2,84 - 1,78 =$$
$$= (25,3 \sin 2\vartheta + 5,15 \cos 2\vartheta - 4,62) \quad \text{cmkg,}$$

przy czym moment 1,78 cmkg odpowiada stratom mocy w żelazie wirnika i wskutek strat mechanicznych.

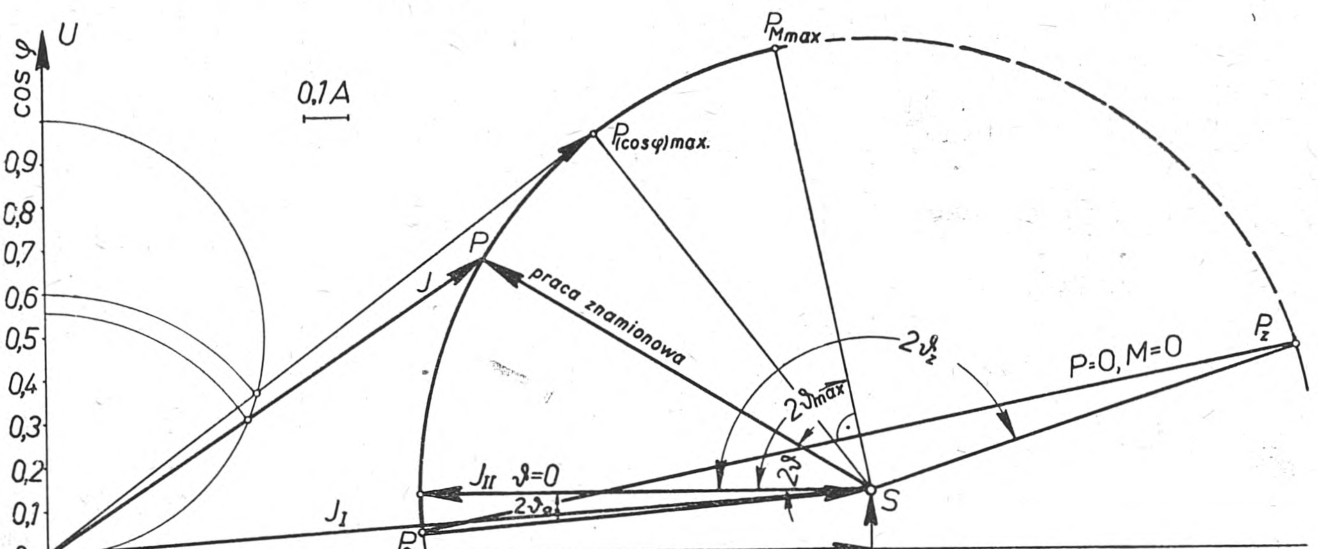
Dla przedstawienia przebiegu pracy silnika podano na rys. 13 w funkcji kąta ϑ w granicach od 0^0 do 90^0 zmianę wielkości momentu obrotowego M, prądu twornika I, współczynnika mocy oraz sprawności. Charakterystyki prowadzono linią ciągłą aż do wartości kąta $\vartheta \cong 39^0$, odpowiadającej największemu momentowi obrotowemu silnika, następnie linią przerywaną aż do wartości kąta $\vartheta \cong 78^0 30'$, odpowiadającej stanowi pracy przy zahamowaniu wirnika.



Rys. 13



Rys. 14



Rys. 15

Dla wykazania wpływu oporu uzwojenia twornika i strat mechanicznych oraz w żelazie twornika przedstawiono (linią kreska — kropka) przebieg momentu obrotowego silnika reluktancyjnego bez strat przy pomocy sinusoidy.

Podstawiając podobnie wartości parametrów silnika do odpowiednich równań, otrzymujemy w funkcji kąta ϑ:

z równania (7)

$$I_l = 0,1324 \cdot (6,4 \cos\vartheta - \sin\vartheta),$$

z równania (8)

$$I_q = 0,1324 \cdot (22 \sin\vartheta + \cos\vartheta).$$

Przy sporządzaniu rys. 13 korzystano m. inn. z następujących zależności:

$$I = \sqrt{I_1^2 + I_q^2}$$

i

$$\eta = \frac{P}{P_{el}},$$

gdzie

$$P = \frac{1500}{97{,}3} \cdot M \quad \text{watów},$$

a moc pobrana przez silnik zgodnie z rys. 3

$$P_{el} = 3 \cdot 127 \cdot I \cdot \cos\varphi = 3 \cdot 127 \cdot (I_q \cdot \cos\vartheta - I_1 \cdot \sin\vartheta),$$

$$\cos\varphi = \frac{P_{el}}{3 \cdot 127 \cdot I}.$$

Rys. 14 przedstawia przebieg zmiany sprawności i współczynnika mocy silnika dla różnych wartości stosunku momentu obrotowego do momentu maksymalnego. Przy pracy znamionowej silnik posiada sprawność η = 78% i współczynnik mocy cos φ = 0,56.

Rys. 15 przedstawia wykres kołowy pracy omawianego silnika. Składowe prądu I_I, wyznaczające środek koła S i obliczone zgodnie z równaniem (11), wynoszą: składowa indukcyjna — 1,89 A; składowa w fazie z napięciem U — 0,1324 A. Wielkość promienia prądu I_{II}, obracającego się przy zmianie kąta obciążenia ϑ dokoła punktu S, wynosi zgodnie z równaniem (12) 1,04 A.

Wykres silnika wykonano dla uproszczenia z pominięciem strat w żelazie twornika i strat mechanicznych silnika, z uwzględnieniem jednak oporu czynnego uzwojenia twornika.

Łuk okręgu koła pracy od punktu biegu jałowego P_o do punktu P_{max}, przy którym moment obrotowy silnika osiąga wartość największą, odpowiada pracy statecznej silnika. Dalsza część łuku aż do punktu P_z, odpowiadającego stanowi zahamowania wirnika, przedstawia pracę niestateczną silnika po wypadnięciu z synchronizmu.

Prosta P_o P_z jest prostą, dla której moment obrotowy silnika M, a więc i moc na wale P, są równe zeru. Odległość od niej do dowolnego punktu pracy na okręgu koła przedstawia w odpowiedniej skali moc lub moment obrotowy na wale silnika dla danego punktu pracy. Prostopadła ze środka S do prostej P_o P_z wyznacza na okręgu koła punkt P_{max}, odpowiadający największemu momentowi obrotowemu silnika. Punkty P_o i P_z wyznaczono przez obliczenie, zgodnie z równaniem (20) i (21), wartości kątów: $2\vartheta_o \cong -5^0$, $2\vartheta_z \cong 162^0 20'$. Oś pozioma układu współrzędnych jest prostą, dla której moc pobrana z sieci przez silnik równa się zeru. Odległość od prostej P_{el} = 0 do dowolnego punktu pracy na okręgu koła jest miarą w odpowiedniej skali mocy pobranej przez silnik. Dla dowolnego punktu pracy P odcinek OP jest miarą w odpowiedniej skali wielkości prądu twornika I, pobieranego przez silnik w danym punkcie pracy. Konstrukcja podana na wykresie wskazuje sposób odczytania współczynnika mocy dla danego punktu pracy P na umieszczonej na osi pionowej skali współczynnik mocy. Punkt pracy $P_{(\cos\varphi)max}$, dla którego współczynnik mocy osiąga wartość największą, jest punktem styczności z okręgiem koła prostej przechodzącej przez początek układu O. Dla rozpatrywanego silnika wartość największego współczynnika mocy wynosi około 0,6.

LITERATURA

[1] Arnold E. Die synchronen Wechselstrommaschinen, 1913
[2] Bödefeld T., Sequenz H. Elektrische Maschinen, 1945
[3] Berger A. J. Sjinchronnyje maszyny, 1938
[4] Kostienko M. P. Elektriczeskije maszyny (czast' obszczaja), 1944
[5] Kostienko M. P.. Elektriczeskije maszyny (specjalnaja czast'), 1949
[6] Richter R.. Elektrische Maschinen, II, 1930
[7] Trickey P. H.. Performance calculations on polyphase reluctance motors (AIEE Transactions, 1946, str. 191—193)
[8] Veinott C. G.. Fractional horsepower electric motors, 1948

PROF. K. DREWNOWSKI
Przewodniczący CKSE

Słownictwo elektryczne polskie

W zeszycie niniejszym Przegląd Elektrotechniczny rozpoczyna druk „Słownictwa elektrycznego", jako pierwszy etap wydawnictwa POLSKIEGO SŁOWNIKA ELEKTRYCZNGO, opracowanego przez Centralną Komisję Słownictwa Elektrycznego (CKSE) przy Stowarzyszeniu Elektryków Polskich w Warszawie. Komisja ta, powołana przez Nadzwyczajny Zjazd Techników Polskich w Warszawie w r. 1917 i ustanowiona początkowo przy Kole Elektrotechników w Stowarzyszeniu Techników w Warszawie, weszła w skład Stowarzyszenia Elektryków Polskich z chwilą jego utworzenia (1919 r.) Komisja skupiła w sobie oderwane podówczas poczynania różnych środowisk elektryków polskich w dziedzinie poprawnego wyrażania się technicznego i prowadzi prace nad słownictwem dotąd. Kompetencje jej są uznane przez statut SEP i przez zjazdy elektryków polskich.

Zarys prac nad słownictwem elektrycznym, które stanowią w historii polskiej elektryki chlubną — można to śmiało powiedzieć — kartę, będzie przedmiotem osobnego studium w P. E. Tutaj chcemy zaznajomić czytelników P. E., a więc i ogół elektryków polskich, z rozpoczętym wydawnictwem, z jego programem i układem, oraz z metodyką prac słowniczych. Pragniemy też zwrócić uwagę na to, że wyrazy zawarte w Słowniku nie są zbiorem słów używanych rozmaicie dla danego pojęcia, lecz wytworem przemyślanym, dobranym — według naszego najgłębszego przekonania — najlepiej i opartym na prawidłach polskiego słowotwórstwa elektrycznego, mającego już za sobą z górą 50 lat pracy zespołowej. Zakończenie bowiem prac nad Działem I Słownika („Pojęcia podstawowe i ogólne") zbiegło się z 50 rocznicą rozpoczęcia prac zespołowych nad polskim słownictwem elektrycznym przez Komisję Słowniczą „Delegacji elektrotechnicznej" przy Sekcji Technicznej Warszawskiego Oddziału jedynej ówczesnej organizacji techniczno-gospodarczej — „Towarzystwa popierania rosyjskiego przemysłu i handlu" w Warszawie (K. Obrębowicz, J. Rzewnicki, M. Lutosławski, r. 1899).

Opracowania poprzednie. Materiały. Prace CKSE ukazywały się początkowo w postaci „słownictwa" poszczególnych mniejszych działów elektryki w miarę gromadzenia się materiałów, rozpatrywanych na posiedzeniach Komisji, i ogłaszane były jako projekty na łamach Przeglądu Technicznego, a od 1919 r. — Przeglądu Elektrotechnicznego.

W 1935 r. rozpoczęto wydawanie „Słownictwa elektrotechnicznego polskiego" wraz z odpowiednikami w językach francuskim i niemieckim, które miały na celu bliższe określenie znaczenia pojęcia polskiego, nazwanego prawidłowo. Układ pojęć był rzeczowy: skorowidz alfabetyczny (polski) spełniał rolę „słownika". Tom I tego wydawnictwa zawierał 4 działy: Pojęcia podstawowe i ogólne, Miernictwo elektryczne, Maszyny elektryczne, Przyrządy łączeniowe i rozdzielcze — w liczbie ok. 5000 pojęć (wyd. SEP, 1936).

Jednocześnie prowadzono prace nad słownikiem we właściwym tego słowa znaczeniu, tj. opatrzonym określeniami danego pojęcia obok odpowiedników obcych (francuskie, angielskie i niemieckie). Wydawnictwa tego ukazał się tylko zeszyt I p. t. „Definicje elektryczne. — Pojęcia podstawowe i ogólne". (Wyd. SEP. 1938).

Dalsze prace wydawnicze przerwała druga wojna światowa. Prace słownicze nie ustały jednak i nawet w najcięższych chwilach okupacji niemieckiej pracowano nad dalszymi działami (wytwarzanie i przesył energii, kolejnictwo elektryczne, grzejnictwo elektryczne). W ten sposób można było — po wznowieniu działalności SEP po wojnie i po otrzymaniu mocniejszych podstaw materialnych — wznowić również prace nad wydawaniem Polskiego Słownika Elektrycznego. W krótkim czasie zebrano tak wiele materiału słowniczego (ok. 12 000 pojęć), że należało się nim podzielić z szerszymi kołami elektryków. Było to tym bardziej potrzebne, że brakowało zupełnie poprzednich wydawnictw słowniczych, co szczególnie dało się odczuwać w pracach przepisowych SEP i PKN, a do piśmiennictwa

naszego zaczęły się wciskać niedopuszczalne nowotwory, zachwaszczające polski język elektryczny, który był uważany jako najpoprawniejszy z pośród innych działów techniki.

Układ słownika. Ażeby zaspokoić potrzeby elektryków polskich przynajmniej częściowo i w czasie możliwie krótkim, zdecydowano się na wydawanie „Słownika" zeszytami i to w 3 etapach. Etap pierwszy ma obejmować ogłaszanie w Przeglądzie Elektrotechnicznym pojęć prawidłowo nazwanych po polsku, jako tzw. „Słownictwo Elektryczne", celem zapoznania z nimi szerszych kół elektryków polskich i otrzymania od nich uwag, uzupełnień itp. Etap drugi obejmie wydanie I „Polskiego Słownika Elektrycznego", opatrzonego obok nazw polskich odpowiednikami w językach angielskim, czeskim, francuskim, niemieckim i rosyjskim; rozpocznie się to w 1951 roku. Etap trzeci stanowić będzie wydanie II Słownika; ukaże się ono później. Będzie ono powtórzeniem pierwszego z koniecznymi zmianami i poprawkami oraz uzupełnionego określeniami.

Zeszyty, wydawane w miarę wykańczania materiału słowniczego, będą miały numerację właściwą, tak że po ukazaniu się wszystkich zeszytów otrzyma się całość słownika w układzie rzeczowym. Każdy zeszyt otrzyma skorowidz alfabetyczny w języku polskim; poza tym wydane będą skorowidze całości w poszczególnych językach. Układ będzie następujący:

A. Pojęcia ogólne
- I. Pojęcia podstawowe i ogólne.
- II. Miernictwo elektryczne.

B. Eletrotechnika
- III. Elektroenergetyka.
- IV. Technika wysokich napięć.
- V. Maszyny elektryczne.
- VI. Sprzęt elektrotechniczny.

C. Zastosowania elektrotechniczne
- VII. Napęd elektryczny.
- VIII. Trakcja elektryczna.
- IX. Elektrotermia.
- X. Technika świetlna.
- XI. Eletrochemia.

D. Telekomunikacja
- XII. Pojęcia ogólne telekomunikacji.
- XIII. Elementy urządzeń telekomunikacyjnych.
- XIV. Elektronika.
- XV. Teletransmisja przewodowa.
- XVI. Radiokomunikacja.
- XVII. Telefonia.
- XVIII. Telegrafia.
- XIX. Sygnalizacja. Telemechanika.

E. Zastosowania różne
- XX. Radiologia.
- XXI. Elektrobiologia.

F. Skorowidze.
1. Polski.
2. Angielski.
3. Czeski.
4. Francuski.
5. Niemiecki.
6. Rosyjski.

Każde pojęcie będzie opatrzone w drugim wydaniu numerem, oznaczającym jego miejsce we właściwym dziale, rozdziale i ustępie Słownika. (W wydaniu pierwszym tego jeszcze nie będzie, liczymy się bowiem z tym, że przy opracowywaniu określeń trzeba będzie niekiedy zmienić kolejność pojęć, a nawet ich nazwę). Poza tym przy pojęciu będzie umieszczony odpowiadający mu numer ze Słownika Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (CEI), opracowywanego przy udziale Polskiego Komitetu Elektrotechnicznego (PKE).

Metodyka prac nad Słownikiem. Prace nad Polskim Słownikiem Elektrycznym są trojakiego rodzaju: 1) ustalenie polskiej nazwy pojęcia; 2) dobór odpowiedników w językach obcych; 3) ustalenie właściwego określenia danego pojęcia. Pojęcia ugrupowane są rzeczowo według dużych działów elektryki, co ułatwia zarówno posługiwanie się słownikiem, jak też i wydawanie go zeszytami. Podobny układ ma słownik międzynarodowy (CEI) oraz inne słowniki (angielski, francuski, amerykański).

Każdy dział ma swego powołanego przez CKSE redaktora, który jest zarazem referentem tego działu dla Komisji Centralnej, czy też komisji technicznych (energetycznej i telekomunikacyjnej).

Ustalenie nazwy pojęcia oraz jego określenie odbywa się zespołowo na podstawie projektu redaktora danego działu. Dla większych działów powołuje się dodatkowych referentów, współpracujących z redaktorem działu. Projekt każdego działu przechodzi przez następujące stadia: referent działu gromadzi polski materiał słowniczy i układa go na rozdziały i ustępy według ogólnych wytycznych komisji — jako projekt I. Materiały zawarte w poprzednich opracowaniach CKSE bierze się z reguły jako podstawę nowego projektu. Po przejrzeniu go przez sekretarza CKSE i redaktora Słownika rozsyła się ten projekt członkom Komisji oraz — do opinii — rzeczoznawcom spośród osób z poza CKSE, obeznanych dobrze z danym działem elektryki.

Działy ogólne, tj. dotyczące całej elektryki, idą od razu do Komisji Centralnej, inne zaś do komisji technicznych obejmujących działy pokrewne. W komisjach odbywa się czytanie projektu i szczegółowa dyskusja nad każdym pojęciem przy uwzględnieniu otrzymanych uwag i opinii. Słowa nie budzące wątpliwości przyjmuje się od razu, inne zaś, zwłaszcza nowe, odkłada się do ponownego czytania lub odsyła do rozstrzygnięcia przez Komisję Centralną.

W ten sposób, każde pojęcie jest rozpatrywane zespołowo przynajmniej jeden raz. Większość z nich, a zwłaszcza te, które już przechodziły przez CKSE przy opracowywaniu pierwszych projektów w rozmaitym składzie personalnym, ma za sobą wielokrotną szczegółową dyskusję i opinię kilkunastu osób kompetentnych pod względem językowym lub przynajmniej fachowym.

CKSE dąży do tego, aby dla danego pojęcia używano tylko jednego słowa. Jeżeli z różnych względów (wyrazy obce, nowotwory, skróty wyrażeń) pozostawiono obok siebie dwa słowa na dane pojęcie, CKSE zaleca przede wszystkim pierwsze z nich. Przy następnych opracowaniach może jedno z nich zniknąć ze słownika. Wyrazy wątpliwe, co do których CKSE nie zajęła jeszcze zdecydowanego stanowiska, oznaczone są pytajnikiem (?).

Zaopatrzenie pojęć w języku polskim w odpowiedniki obce należy do redaktora działu. Chodzi tu o dobranie terminów najwłaściwszych przy szczególnym uwzględnieniu słownictwa przyjętego przez miarodajne instytucje krajowe. Przy opracowywaniu odpowiedników rosyjskich i czeskich jest nam pomocne Stowarzyszenie elektryków czeskich, któremu należy się za to szczególne podziękowanie.

Ze względów technicznych nie można było przystąpić do druku Słownika zaraz po opracowaniu poszczególnych działów. Aby więc zaopatrzyć komisje przepisowe i wydawnictwa techniczne w materiały słownicze jak najprędzej, CKSE zdecydowała się na powielenie tychże i rozesłanie ich zainteresowanym na prawach rękopisu. Ażeby jednak poprawne słownictwo dotarło jak najprędzej do ogółu elektryków, zamieszczamy je w organie SEPu (bez odpowiedników obcych).

Materiały CKSE, ogłaszane drukiem lub w inny sposób, a nie oznaczone wyraźnie jako „projekt", należy uważać jako „przyjęte" przez CKSE w sposób przewidziany jej regulaminem. Są one przeto obowiązujące w wydawnictwach SEP i zalecone do stosowania przez ogół elektryków polskich. Dotyczy to, oczywiście, i „Słownictwa elektrycznego", którego druk rozpoczyna się w Przeglądzie Elektrotechnicznym. CKSE uprasza jednak o nadsyłanie (w ciągu 3 miesięcy od ukazania się materiałów w PE) uwag i propozycji, dotyczących słownictwa, które można byłoby uwzględnić jeszcze przed wydaniem Słownika w formie książkowej.

T. OLESZYŃSKI

Normalne natężenia oświetlenia przy oświetleniu sztucznym[1] (nowelizacja PNE-44)

Objaśnienia do projektu I PN/E-02030

Słabe uprzemysłowienie naszego kraju i jego kapitalistyczny ustrój nie stwarzały w okresie międzywojennym odpowiednich warunków do zrozumienia ważności problemu dobrego oświetlenia. Nie troszczono się zbytnio o stworzenie właściwych warunków pracy, nie rozumiano dostatecznie korzyści, płynących z polepszenia oświetlenia dla wydajności i jakości produkcji. Propaganda obfitszego oświetlenia była uprawiana jedynie przez kartele wytwórców źródeł światła i sprzętu oświetleniowego dla własnych jednak tylko — czysto handlowych — celów.

Pragnąc ten stan rzeczy choć częściowo naprawić, Polski Komitet Oświetleniowy, działający jako organ Stowarzyszenia Elektryków Polskich, podjął w r. 1933 prace nad zapoczątkowaniem poprawy w dziedzinie oświetlenia. Wyłoniona przez P. K. Ośw. komórka przepisowa — Komisja Norm Jasności[2]) postawiła sobie na zadanie wprowadzenie minimalnych choćby poziomów natężenia oświetlenia, zapewniających godziwe warunki pracy oraz jej bezpieczeństwo.

Należało się jednak liczyć z gospodarczą strukturą mało uprzemysłowionego kraju oraz z oporami przedsiębiorców, nie kwapiących się do poprawy warunków pracy, ani nie rozumiejących własnego interesu w poprawie oświetlenia, a dążących jedynie do jak najmniejszych pozornie kosztów wytwarzania.

Dlatego też Komisja poszła po linii najniższych wymagań oświetleniowych, ustalonych przez Międzynarodową Komisję Oświetleniową, zakładając słusznie, że w ówczesnych warunkach walkę o poprawę oświetlenia należy zacząć od zapewnienia minimalnych ze względu na higienę i bezpieczeństwo pracy poziomów natężenia oświetlenia.

Te minimalne natężenia oświetlenia, ujęte w 8 grup zależnie od rodzaju wykonywanej pracy lub przeznaczenia pomieszczeń, uzyskały znak PN/E-44/PN/O-122, stając się podstawą do dalszej poprawy oświetlenia. Drugim krokiem naprzód, po uzyskaniu tej bazy operacyjnej, było jednoczesne ogłoszenie w normie PN/E-44 zaleconych natężeń oświetlenia, które miały zwrócić uwagę na konieczność stosowania natężeń oświetlenia wyższych od podanych w tablicy wartości minimalnych.

Ten drugi krok postawiono ostrożnie: gdy tablica minimalnych natężeń oświetlenia podawała wartość 5 lx przy pracach zgrubnych, a 80 lx przy najbardziej precyzyjnych, wartości zaleconych natężeń oświetlenia wynosiły odpowiednio 5—20 lx i 80—150 lx.

Zamieszczone w normie komentarze, dotyczące warunków dobrego oświetlenia, pouczały o korzyściach, płynących z jego poprawy, podając jednocześnie sposoby osiągnięcia jak najlepszych warunków widzialności przy wykonywaniu pracy. Zagadnienie zostało postawione i zaczęło nabierać popularności i zrozumienia.

Wojna przerwała prace P. K. Ośw. na tym polu. Zniszczenia wojenne nie pozwoliły na dalszą poprawę oświetlenia w pierwszych latach po wypędzeniu okupanta. Katastrofalny brak mocy zmuszał do najdalej idących oszczędności w zużyciu energii, nawet kosztem wydajności pracy, nawet w pewnych przypadkach kosztem jej higieny i bezpieczeństwa. Praca odbywa się nadal w warunkach „wojennych"; okres planu trzyletniego to cała wojna o wydźwignięcie się ze zniszczeń, to walka o ilość produkcji przy bardzo małych środkach wytwarzania.

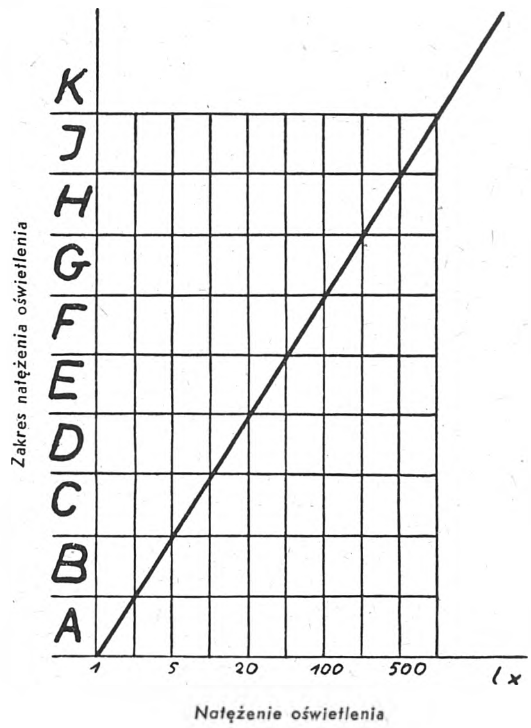
Komisja otrzymuje w tym okresie polecenia ustalenia jak najoszczędniejszych norm zużycia energii elektrycznej do celów oświetleniowych. I tu trzeba było, niestety, zrobić krok wstecz, aby umożliwić wygranie planu: wróciliśmy znów do minimalnych natężeń oświetlenia, choć zmienione warunki stworzyły strukturalne możliwości i obudziły samorzutną dążność do powiększenia natężeń oświetlenia w zakładach pracy.

Walka o ilość zakończyła się zwycięsko — plan trzyletni wykonaliśmy z nadwyżką. Rozpoczyna się walka o jakość produkcji — realizacja planu 6-letniego. Stoi przed nami zadanie polepszenia warunków higieny i bezpieczeństwa pracy, podniesienia wydajności pracy i jakości produkcji. Nasza energetyka odbudowuje się szybko, deficyt mocy maleje, ograniczenia w zużyciu energii są co roku mniejsze. Jest to zatem właściwy moment do nowego kroku naprzód, do odrobienia zaległości lat minionych w dziedzinie racjonalnego oświetlenia.

W r. 1949 Komisja przystąpiła do gruntownej nowelizacji normy. PN/E-44. Należało dokładnie rozważyć nasze potrzeby i możliwości w dziedzinie oświetlenia na tle planu 6-letniego.

Zamierzony krok naprzód nie powinien być zbyt wielki, aby był realny, i nie powinien być za mały, jeżeli ma postawić zagadnienie oświetlenia na właściwym poziomie. Okres 15 lat, który upłynął od wydania PN/E-44, przyniósł na całym świecie wielki postęp w dziedzinie techniki świetlnej. Należało zatem zapoznać się dokładnie i krytycznie z normami natężeń oświetlenia innych krajów. Komisja przestudiowała w tym celu oprócz najnowszej literatury oświetleniowej — normy radzieckie, niemieckie, czeskie, angielskie, amerykańskie, szwajcarskie oraz zalecenia Międzynarodowej Komisji Oświetleniowej i Międzynarodowego Biura Pracy.

Odbyto wiele narad z przedstawicielami przemysłów dla lepszego wczucia się w potrzeby użytkownika[3]). Rozszerzono przy tym zakres normy na najważniejsze gałęzie przemysłu, na wnętrza nieprzemysłowe (publiczne i mieszkalne) oraz na tereny otwarte (komunikacja, sport).



Rys. 1

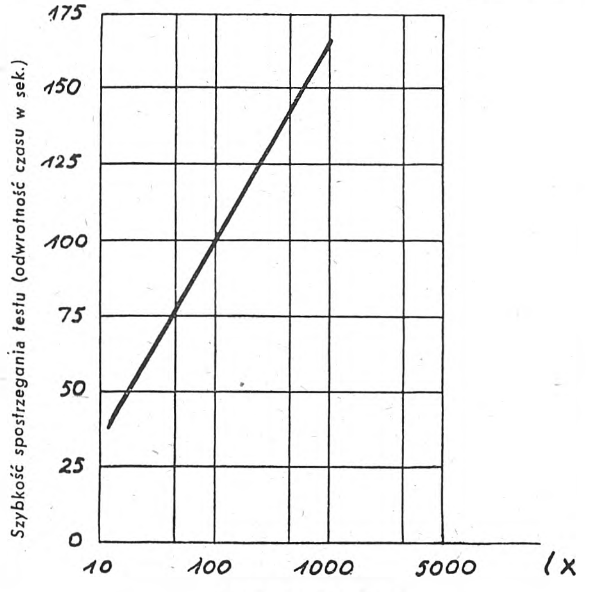
Najtrudniejszą sprawą było wybranie dla każdej pozycji tak rozszerzonych tablic najwłaściwszego zakresu natężenia oświetlenia. Z analizy blisko 500 pozycji wynikła możliwość umieszczenia każdej z nich w jednym z 10 zakresów. Zakresy te oznaczono literami A, B, C, D, E, F, G, H,

[1]) „Jasność" — nazwa wielkości wyrażanej w luksach stosowana w PN/E-44 została zastąpiona w PN/E-02030 przez „natężenie oświetlenia".

[2]) Obecnie XXVIII Komisja Natężeń Oświetlenia PKN.

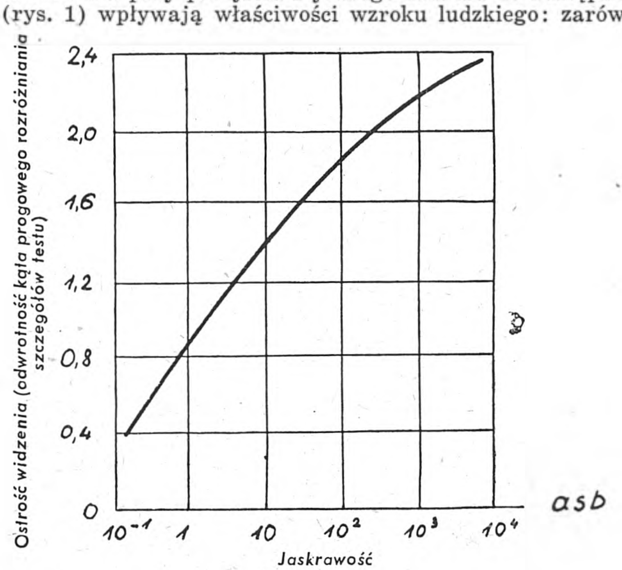
[3]) Podane w projekcie wartości natężeń oświetlenia w kopalniach węgla nie zostały uzgodnione z przedstawicielami górnictwa.

I, K i podporządkowano im wartości liczbowe natężeń oświetlenia, przy czym górna granica zakresu — wyrażona w luksach — wynosi 2—2,5-krotną wartość granicy dolnej.



Rys. 2

Na wybór logarytmicznego charakteru wzrostu natężenia oświetlenia przy przejściu z jednego zakresu do następnego (rys. 1) wpływają właściwości wzroku ludzkiego: zarówno



Rys. 3

prędkość spostrzegania, jak i ostrość widzenia są w zależności logarytmicznej od natężenia oświetlenia (względnie jaskrawości) obserwowanego obiektu (rys. 2 i 3). A zatem dla uzyskania proporcjonalnej (liniowej) poprawy warunków widzenia konieczne jest potęgowe zwiększenie natężenia oświetlenia.

Związanie danej czynności lub pomieszczenia z jednym z zakresów natężenia oświetlenia ma charakter trwały, natomiast granice zakresu, których wybór oparty jest na aktualnych warunkach gospodarczych i stanie techniki oświetlenia, mogą ulegać zmianom, mogą wzrastać z ogólnym postępem technicznym, nie naruszając ramowego układu normy. Przy wyborze granic zakresów kierowano się następującymi wskazówkami:

a) nowymi normami radzieckimi GOST 3825-47 (z r. 1947),

b) normami zaleconymi przez Centralny Naukowo-Badawczy Instytut Budownictwa Przemysłowego ZSRR,

c) normami oświetlenia fabryk wydanymi przez Międzynarodowe Biuro Pracy (Genewa 1949),

d) warunkami gospodarczymi i energetycznymi oraz postępem w dziedzinie techniki oświetleniowej w Polsce.

Podane w projekcie zaszeregowanie wymienionych w tablicach czynności lub pomieszczeń do poszczególnych zakresów podnosi ogólny poziom oświetlenia dość znacznie w stosunku do norm z r. 1934. Jeżeli jednak porównać te poziomy z zaleceniami radzieckimi lub Międzynarodowego Biura Pracy, to okaże się, że wymagania znowelizowanej normy polskiej są raczej skromne i obarczone jeszcze pewną nieśmiałością pójścia wzwyż, spowodowaną raczej trudnościami energetycznymi.

Wprowadzone obecnie do produkcji krajowej nowe źródła — lampy fluoryzujące — pozwalają, jako sprawniejsze źródła światła, stosować większe natężenia oświetlenia, z drugiej zaś strony w y m a g a j ą stosowania większych natężeń oświetlenia ze względu na barwę światła, bardziej zbliżoną do dziennego, przy którym oko potrzebuje większych natężeń oświetlenia do dobrego samopoczucia i wygody widzenia. Górne granice zakresów podanych w projekcie są przewidziane raczej dla tych właśnie źródeł światła.

Wziąwszy pod uwagę podane wyżej przesłanki, można scharakteryzować projekt nowelizacji PN/E-44 w następujący sposób.

Nowa norma zrywa z przedwojennym zaniedbaniem w dziedzinie oświetlenia w celu stworzenia godziwych warunków higieny i bezpieczeństwa pracy, jej wydajności i jakości i — nie popadając w przesadne szafowanie światłem na wzór amerykański — stara się podnieść poziom oświetlenia do poziomu stosowanego w warunkach gospodarczych podobnych do warunków polskich. Ponieważ projekt PN/E-02030 przewiduje przeszło dwukrotne podniesienie natężenia oświetlenia w stosunku do PN/E-44 z r. 1934 (a i ta norma nie zawsze była i jest u nas zachowana), wysiłek gospodarczy i techniczny dla realizacji poprawy oświetlenia będzie musiał być bardzo wielki. Poprawa na skalę ogólnokrajową wymagać będzie lat. Przy projektowaniu nowych urządzeń oświetleniowych nowa norma powinna obowiązywać od chwili jej ogłoszenia. Racjonalizacja urządzeń istniejących będzie jednak wymagała zarówno odpowiednich inwestycji energetycznych, jak i zwiększenia produkcji sprzętu oświetleniowego oraz podwyższenia jego jakości. Wydaje się więc rzeczą celową, aby do czasu stworzenia możliwości powszechnego stosowania normy był przewidziany okres przejściowy, pozwalający na stopniowe i planowe wprowadzenie jej w życie.

Od Administracji Czasopism Technicznych NOT

I. Uregulowanie zaległości pieniężnych

W związku ze zbliżającym się końcem roku Administracja Czasopism prosi prenumeratorów o uregulowanie należności z tytułu zaległej prenumeraty czasopisma PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY za rok 1950.

Upomnienia wysyłane do prenumeratorów stwarzają niepotrzebne koszty manipulacyjne i utrudniają sprawne rozprowadzanie czasopism.

W wypadku nieopłacenia prenumeraty Adm. Czas. Techn. NOT będzie zmuszona wstrzymać wysyłkę czasopisma, co uniemożliwi prenumeratorom skompletowanie całego rocznika. Powtórne zamówienia numerów brakujących nie zawsze mogą być uwzględniane z powodu możliwego wyczerpania nakładu, który jest regulowany wg stanu prenumeratorów.

Uprasza się o opłacanie prenumeraty z g ó r y w okresach c o n a j m n i e j k w a r t a l n y c h.

II. Zamówienie prenumeraty ulgowej

Administracja Czasopism Technicznych NOT prosi członków stowarzyszeń technicznych o dokładne i czytelne wy-

pełnianie kart zamówienia na prenumeratę ulgową czasopism technicznych. Na karcie zamówienia należy podać:

tytuły zamawianych czasopism,
liczbę egzemplarzy,
sumę wypłacaną z tytułu prenumeraty ulgowej (kwartalnej, półrocznej, rocznej) dla każdego czasopisma oddzielnie,
łączną sumę wpłacaną na konto PKO I-16598,
datę rozpoczęcia wysyłki,
imię, nazwisko, dokładny adres prenumeratora,
nazwę stowarzyszenia, którego zgłaszający prenumeratę jest członkiem.

Brak powyższych danych i nieczytelne wypełnianie kart zamówienia i przekazów PKO uniemożliwiają sprawne i terminowe wysyłanie zamówionych czasopism.

SŁOWNICTWO ELEKTRYCZNE

opracowane i przyjęte przez

CENTRALNĄ KOMISJĘ SŁOWNICTWA ELEKTRYCZNEGO

Dział I. Pojęcia podstawowe i ogólne*)

1. OGÓLNE POJĘCIA MATEMATYCZNE

a. Pojęcia rachunku wektorowego

wielkość skalarna; skalar
wielkość wektorowa; wektor
miara wektora
wektor jednostkowy
składowa wektora
suma wektorów
iloczyn skalarny dwóch wektorów
iloczyn wektorowy dwóch wektorów
iloczyn wektora i skalara
pochodna wektora
pole skalarne
skalar pola
pole wektorowe
wektor pola
kierunek pola wektorowego
pole jednostajne (skalarne lub wektorowe)
pole niejednostajne (skalarne lub wektorowe)
pole stałe (skalarne lub wektorowe)
pole zmieniające się (skalarne lub wektorowe)
pole sinusoidalne (skalarne lub wektorowe)
pole wektorowe wirujące
całka liniowa wektora (pola)
całka okrężna wektora (pola)
linia pola wektorowego
załamanie linii polowej
rurka pola wektorowego
strumień wektora pola (przez powierzchnię)
gradient skalara (pola)
rozbieżność wektora (pola); dywergencja
wirowość wektora (pola); rotacja
pole wektorowe wirowe
włókno wirowe pola wektorowego
warstwa wirowa pola wektorowego
przestrzeń wirowa pola wektorowego
pole wektorowe bezwirowe
pole wektorowe źródłowe
źródło punktowe pola wektorowego
źródło liniowe pola wektorowego
źródło powierzchniowe pola wektorowego
źródło przestrzenne pola wektorowego
pole wektorowe bezźródłowe
potencjał skalarny pola wektorowego
potencjał wektorowy pola wektorowego
linia ekwipotencjalna
powierzchnia ekwipotencjalna
obszar ekwipotencjalny

b. Wielkości zmieniające się

wielkość stała
wielkość zmieniająca się (zmieniająca swą wartość)
wielkość rosnąca
wielkość malejąca
wielkość zanikająca
wielkość zanikająca aperiodycznie
wielkość jednokierunkowa
wielkość wykładnicza
wielkość okresowa
wielkość tętniąca
wielkość drgająca
wielkość okresowa rosnąca
wielkość okresowa zanikająca
wielkość okresowa modulowana
wielkość nibyokresowa
okres (wielkości okresowej)
cykl *) wielkości okresowej)
częstotliwość
wielkość zmienna (zmieniająca wartość i znak)
wielkość zmienna symetryczna
wielkość sinusoidalna
pulsacja
synchronizm
faza (wielkości okresowej)
faza początkowa
argument (funkcji sinusoidalnej czasu)
kąt fazowy
zgodność faz
przesunięcie fazowe
wyprzedzenie fazowe
opóźnienie fazowe
kwadratura faz
opozycja faz
kąt wyprzedzenia (fazowego)
kąt opóźnienia (fazowego)
wartość chwilowa (wielkości zmieniającej się)
wartość szczytowa (wielkości zmieniającej się)
amplituda
podwójna amplituda (wielkości drgającej)

*) „Cykl" w znaczeniu jednostki częstotliwości (c/s) — nieprawidłowo.

wartość skuteczna wielkości okresowej
wartość średnia wielkości okresowej
wartość średnia wielkości zmiennej symetrycznej
współczynnik szczytu
współczynnik kształtu
współczynnik tętnienia
współczynnik odkształcenia
wielkość zespolona
wektor *) wielkości zespolonej)

c. Drgania

drganie
drganie własne
drganie wymuszone
drganie tłumione
drganie nietłumione
drganie relaksacyjne
częstotliwość drgań
zanikanie
tłumienie (w czasie)
tłumienie (w przestrzeni)
tłumienie krytyczne
stosunek tłumienia
dekrement tłumienia
współczynnik tłumienia
stała czasu
stała tłumienia
rezonans
nakładanie się drgań
dudnienie
rozkładanie drgań
drganie podstawowe
drganie harmoniczne
harmoniczne (wielkości okresowej)

*) Celem odróżnienia tego wektora „płaszczyznowego" od „przestrzennego" (I, 1. a.) CKSE zamierza wprowadzić inną nazwę.

2. OGÓLNE POJĘCIA FIZYCZNE

a. Pojęcia podstawowe

zjawisko fizyczne
wielkość fizyczna
jednostka (wielkości fizycznej)
wartość (wielkości fizycznej)
środowisko
materia
ciało
masa
siła
praca
energia
energia potencjalna
energia kinetyczna
moc (średnia)
moc chwilowa
sprawność

b. Budowa materii

elektryczność
elektryczność ujemna
elektryczność dodatnia
elektron
pozytron; pozyton(?)
proton
neutron
elektron związany
elektron swobodny
mezon
neutryn
elektron wartościujący (?)
elektronowolt
atom
jądro atomu
masa atomowa
liczba atomowa
gramoatom
izotopy
drobina; molekuła
masa drobinowa; masa molekularna
gramodrobina
wartościowość
równoważnik chemiczny
równoważnik gramowy
jon
kwant (energii)
foton
polaryzacja środowiska
polaryzacja doskonała

*) Redaktor działu I: K. Drewnowski. — Współpracownicy: T. Arlitowicz, T. Czaplicki, B. Jabłoński, S. Jasiński, A. Kiliński, M. Mazur, K. Mech, B. Michelis, R. Podoski. — Opiniodawcy: J. Groszkowski, W. Kotowski, W. Nowicki, W. Pogorzelski, L. Staniewicz.

3. ELEKTROSTATYKA

a. Ładunek elektryczny

elektrostatyka
ładunek elektryczny
ilość elektryczności
jednostka elektryczności
elektryzacja
ładunek dodatni
ładunek ujemny
ładunki jednoimienne
ładunki różnoimienne
ładunek elementarny
ładunek punktowy
ładunek liniowy
ładunek powierzchniowy
ładunek przestrzenny
ładunek statyczny
ładunek pozorny
ładunek rzeczywisty
ładunek probierczy
ładunek polaryzacyjny
gęstość ładunku
prawo Coulomba
dipol
moment dipola
elektret
przewodnik
półprzewodnik
nieprzewodnik; izolator
pojemność (elektryczna)
pojemność przewodnika (odosobnionego)

b. Pole elektryczne

pole elektryczne
pole elektrostatyczne
natężenie pola elektrycznego
strumień natężenia pola elektrycznego
linia natężenia pola elektrycznego
rurka natężenia pola elektrycznego
potencjał elektryczny; potencjał
różnica potencjałów (elektrycznych)
spadek potencjału
wzrost potencjału
napięcie elektryczne; napięcie
oporność dielektryczna
energia pola elektrycznego; energia elektryczna
równowaga elektryczna
działanie ostrzy
ciśnienie elektrostatyczne
wyładowanie elektryczne
elektrostrykcja

c. Dielektryk

dielektryk
dielektryk doskonały
dielektryk niedoskonały
polaryzacja dielektryczna
natężenie polaryzacji
polaryzować (dielektryk)
ładunek szczątkowy
indukcja elektrostatyczna
strumień indukcji elektrostatycznej; strumień elektryczny
przesunięcie dielektryczne
strumień przesunięcia
prąd przesunięcia
gęstość prądu przesunięcia
przenikalność dielektryczna (bezwzględna)
przenikalność dielektryczna względna
podatność dielektryczna
histereza dielektryczna
wiskoza dielektryczna
przewodność dielektryczna
absorpcja dielektryczna
prąd absorpcji
prąd dielektryczny
straty dielektryczne
stratność dielektryczna
kąt strat dielektrycznych
współczynnik strat dielektrycznych
wytrzymałość dielektryczna

d. Przyrządy i przybory elektrostatyczne

kondensator; pojemnik
okładzina kondensatora
kondensator płaski
kondensator kulisty
kondensator walcowy
butelka lejdejska
bateria kondensatorów
ładunek kondensatora
pojemność kondensatora
ładowanie kondensatora
wyładowywanie kondensatora
rozładowanie kondensatora
elektrofor
maszyna elektrostatyczna
elektroskop
elektrometr
iskiernik
osłona elektrostatyczna; ekran elektrostatyczny

4. MAGNETOSTATYKA

a. Magnetyzm. Magnes

magnetostatyka
magnetyzm
masa magnetyczna
masa magnetyczna dodatnia
masa magnetyczna ujemna
jednostka magnetyzmu
gęstość magnetyzmu
prawo Coulomba (magnetyczne)
magnes
magnes elementarny; dipol magnetyczny
magnes naturalny
magnes sztuczny
bieguny magnesu
biegun północny; biegun dodatni
biegun południowy; biegun ujemny
oś magnetyczna
odstęp biegunów
długość magnesu
zwora magnesu
szczelina powietrzna (magnesu)
moment magnetyczny
warstwa magnetyczna
potęga magnetyczna warstwy
warstwa magnetyczna jednostajna
nić magnetyczna; włókno magnetyczne
igła magnesowa
magnes trwały
magnes czasowy
elektromagnes

b. Pole magnetyczne

pole magnetyczne
pole magnetostatyczne
energia pola magnetycznego; energia magnetyczna
natężenie pola magnetycznego
indukcja magnetyczna
przesunięcie magnetyczne
strumień magnetyczny
potencjał magnetyczny
różnica potencjałów magnetycznych; napięcie magnetyczne
siła magnetomotoryczna (skrót: smm.)
linia natężenia pola magnetycznego
rurka natężenia pola magnetycznego
linia indukcji magnetycznej
rurka indukcji magnetycznej
rurka jednostkowa indukcji magnetycznej
oporność magnetyczna
oporność magnetyczna właściwa
przewodność magnetyczna
przenikalność magnetyczna (bezwzględna)
przenikalność magnetyczna względna
przenikalność początkowa
przenikalność różniczkowa
podatność magnetyczna
geomagnetyzm
pole geomagnetyczne
bieguny geomagnetyczne
południk magnetyczny
nachylenie magnetyczne; inklinacja
zboczenie magnetyczne; deklinacja

c. Ciała magnetyczne. Obwód magnetyczny

ciało magnetyczne
ciało niemagnetyczne
ciało diamagnetyczne
ciało paramagnetyczne
ciało ferromagnetyczne
magnesowalność
stan magnetyczny
magnetyzacja
natężenie magnetyzacji
stan magnetyczny pierwotny
nasycenie magnetyczne
stan magnetyczny obojętny
magnesowanie
magnesowanie cykliczne
odmagnesowywanie
rozmagnesowywanie
charakterystyka magnesowania
charakterystyka magnesowania pierwotna
charakterystyka magnesowania normalna
natężenie magnesujące
natężenie odmagnesowujące
współczynnik odmagnesowywania
magnetyzm szczątkowy
indukcja magnetyczna szczątkowa
pozostałość magnetyczna
natężenie powściągające; natężenie koercyjne
indukcja nasycenia magnetycznego
histereza magnetyczna
obieg histerezy
straty z histerezy
opóźnienie magnetyczne; wiskoza magnetyczna
magnetostrykcja
osłona magnetyczna; ekran magnetyczny
obwód magnetyczny
obwód magnetyczny zamknięty; obwód magnetyczny ciągły
obwód magnetyczny otwarty; obwód magnetyczny nieciągły
rozproszenie magnetyczne
strumień magnetyczny główny
strumień magnetyczny rozproszony
strumień magnetyczny całkowity
współczynnik rozproszenia (magnetycznego)
spiętrzenie magnetyczne

5. ELEKTROKINETYKA

a. Przewodzenie elektryczności

elektrokinetyka
przewodzenie elektryczności
przewodzenie metaliczne
przewodzenie elektrolityczne
opór (elektryczny)
materiał oporowy
oporność (wielkość mierzona w omach)
oporność właściwa
oporność czynna
oporność bierna
oporność indukcyjna
oporność pojemnościowa
oporność pozorna
opornik
opornik bezindukcyjny
opornik bezpojemnościowy
opór ujemny
współczynnik cieplny (oporności)
materiał przewodzący; przewodnik
przewodność
przewodność właściwa
przewodność czynna
przewodność bierna

przewodność pozorna
przewód
materiał izolacyjny
izolator

b. Prąd. Napięcie

prąd elektryczny
natężenie prądu; prąd
gęstość prądu
kierunek prądu
prąd elektronowy
prąd jonowy
prąd przewodzenia
prąd unoszenia
prąd jednokierunkowy
prąd stały
prąd drgający
prąd okresowy
prąd zmienny
prąd szybkozmienny
prąd sinusoidalny
prąd tętniący
prądy harmoniczne
prąd czynny
prąd bierny
prąd ustalony
prąd nieustalony
prąd silny (hist.)
prąd słaby (hist.)
prąd jałowy
prąd zwarciowy
prąd roboczy
prąd ciągły
prąd powierzchniowy
linia prądowa
prądy wirowe
prądy błędne
prąd znamionowy
przepływ prądu
rozpływ prądu
siła elektromotoryczna (skrót: sem.)
napięcie elektryczne; napięcie
napięcie stałe
napięcie zmienne
napięcie sinusoidalne
napięcie czynne
napięcie bierne
napięcie niskie
napięcie wysokie
napięcie bardzo wysokie
napięcie znamionowe
napięcie robocze
napięcie probiercze
spadek napięcia
strata napięcia
wzrost napięcia
rozkład napięcia
prawo Ohma
prawa Kirchhoffa

c. Obwód elektryczny

obwód elektryczny
człon obwodu elektrycznego
obwód zamknięty
obwód otwarty
obwód oporowy
obwód bezoporowy
obwód indukcyjny
obwód bezindukcyjny
obwód pojemnościowy
obwód bezpojemnościowy
obwód oscylacyjny; obwód drgający
obwód aperiodyczny
źródło prądu
generator
prądnica *)
silnik; motor
przetwornica
transformator; przetwornik
transformator energetyczny
przekładnik; transformator miernikowy
przekształtnik; mutator(?)
prostownik
falownik
okresownik; przemiennik
zawór elektryczny
odbiornik

d. Różne zjawiska

zjawisko Joule'a
prawo Joule'a

*) „dynamo" — nieprawidłowo.

zjawisko Thomsona
zjawisko Peltiera
zjawisko Volty
zjawisko termoelektryczne
siła termoelektryczna (skrót: ste.)
prąd termoelektryczny
ogniwo termoelektryczne *)
stos termoelektryczny
spoina (ogniwa termoelektrycznego)
wolne końce (ogniwa termoelektrycznego)
emisja elektronów
emisja termojonowa
zjawisko fotoelektryczne
ogniwo fotoelektryczne
komórka fotoelektryczna **)
działanie zaworowe
działanie prostownikowe
zjawisko piroelektryczne
zjawisko piezoelektryczne
zjawisko Kerra
zjawisko Halla
zjawisko naskórkowe

*) „termopara" — nieprawidłowo
**) „fotokomórka" — nieprawidłowo

6. ELEKTROMAGNETYZM. ELEKTRODYNAMIKA

a. Elektromagnetyzm

elektromagnetyzm
elektrodynamika
reguła Ampera
prawo Biota-Savarta
elektromagnes
rdzeń elektromagnesu
jarzmo (elektromagnesu)
nabiegunnik
nasada biegunowa
zwora elektromagnesu
prąd magnesujący

b. Indukcja elektromagnetyczna

indukcja elektromagnetyczna
siła elektromotoryczna indukcji
indukcyjność
indukcja własna
indukcyjność własna
indukcja wzajemna
indukcyjność wzajemna
indukujący
indukowany
prawo Faradaya
reguła Lenza
zwój
uzwojenie
uzwojenie dwunitkowe
uzwojenie pierwotne
uzwojenie wtórne
zwojnica
solenoid
cewka indukcyjna; cewka
dławik
dławienie
amperozwoje magnesujące
przepływ
cewka probiercza
osłona elektrodynamiczna

c. Obwody drgań elektrycznych

drganie elektryczne
drganie o częstotliwości technicznej
drganie o częstotliwości średniej
drganie o częstotliwości wielkiej *)

*) Wyrażenie „częstotliwość wysoka" jest nieprawidłowe.

obwód drgań
obwód drgań zamknięty
obwód drgań otwarty
sprzężenie obwodów
współczynnik sprzężenia
sprzężenie silne
sprzężenie słabe
sprzężenie bezpośrednie
sprzężenie oporowe
sprzężenie indukcyjne
sprzężenie pojemnościowe
oscylator
nadajnik
antena
odbiornik (drgań)
detektor
przenośnik
wzmacniacz; wzmacniak
filtr (elektryczny)

d. Fale elektromagnetyczne

fala elektromagnetyczna; fala
promieniowanie
promieniowanie spolaryzowane
rozchodzenie się fal
stała rozchodzenia się fal
wektor Poyntinga
fala okresowa
fala sinusoidalna
fala stojąca
węzeł fali (stojącej)
brzusiec fali (stojącej)
fala płaska
fala walcowa
fala kulista
fala poprzeczna
fala podłużna
fala wędrowna
impuls
ciąg fal
prędkość fali
prędkość fali okresowej
powierzchnia fali
długość fali (okresowej)
długość fali (sinusoidalnej)
kształt fali
czoło fali
tył fali
grzbiet fali
odkształcenie fal
rozkładanie się fali
nakładanie się fal

7. JONIZACJA GAZÓW I PŁYNÓW

a. Jonizacja

jonizacja
jon
anjon
katjon
gramojon
jon gazowy
jon ciężki
czynnik jonizujący; jonizator
napięcie jonizacyjne
energia jonizacyjna
ruchliwość jonów
jonizacja zderzeniowa
jonizacja lawinowa
lawina jonów
rekombinacja jonów
dejonizacja
wiatr jonowy

b. Elektroliza

elektroliza
elektrolit
elektroda
anoda
katoda
napięcie elektrolityczne; napięcie roztwórcze
rozpad elektrolityczny;
dysocjacja elektrolityczna
polaryzacja elektrolityczna
siła elektromotoryczna polaryzacji
prąd polaryzacji
polaryzator
depolaryzacja
depolaryzator
równoważnik elektrochemiczny
ogniwo elektrochemiczne; prądnik
ogniwo pierwotne
ogniwo mokre
ogniwo suche
ogniwo gazowe
pojemność ogniwa elektrochemicznego
ogniwo wtórne
akumulator; zasobnik
płyta (akumulatora)
masa czynna
ładowanie (akumulatora)
wyładowanie (akumulatora)
pojemność (akumulatora)
sprawność akumulatora
bateria akumulatorów; zasobnica

8. UKŁADY ELEKTRYCZNE

a. Rodzaje układów elektrycznych

urządzenie elektryczne
element urządzenia (elektrycznego)
zespół
wyposażenie elektryczne
przyrząd (elektryczny)
sprzęt (elektryczny)
osprzęt (przyrządu)
przybory; sprzęt dodatkowy
zestaw
sprzęt pomocniczy
części zapasowe
układ elektryczny
system (układu elektrycznego)
układ połączeń
schemat połączeń
schemat połączeń wykonawczy
schemat połączeń ideowy
schemat połączeń uproszczony
układ posobny; układ szeregowy
układ oboczny; układ równoległy
układ posobno-oboczny; układ szeregowo-równoległy
układ dwuprzewodowy
układ wieloprzewodowy
układ jednofazowy
układ dwufazowy
układ trójfazowy
układ wielofazowy
faza układu wielofazowego
faza prądnicy (silnika, transformatora)
faza linii (elektrycznej)
punkt zerowy
punkt zerowy sztuczny
skojarzenie faz
układ wielofazowy skojarzony
układ wielofazowy nieskojarzony
połączenie w gwiazdę; połączenie gwiazdowe
połączenie wielobokowe
połączenie w trójkąt; połączenie trójkątowe
połączenie w zygzak; połączenie zygzakowe
połączenie podwójne
prąd fazowy
prąd wielofazowy
prąd przewodowy
napięcie fazowe
napięcie międzyfazowe
napięcie międzyprzewodowe
układ mostkowy
układ dzielnikowy; układ potencjometryczny
układ policykliczny

b. Układy niewyrównane

układ wielofazowy symetryczny
układ wielofazowy niesymetryczny
obciążenie wielofazowe wyrównane
obciążenie wielofazowe symetryczne
układ wyrównany (wielofazowy)
układ niewyrównany (wielofazowy)
układ symetryczny zastępczy
układ symetryczny zgodny; układ symetryczny dodatni
układ symetryczny przeciwny; układ symetryczny ujemny
układ symetryczny zerowy
składowa układu symetrycznego
składowa zgodna; składowa dodatnia
składowa przeciwna; składowa ujemna
składowa zerowa
stopień asymetrii układu
stopień niewyrównania układu
moc pulsująca

c. Zjawiska w układach elektrycznych

stan układu
stan ustalony
stan nieustalony
stan nibyustalony
izolacja
izolacyjność
oporność izolacji
przewodność izolacji
wada izolacji
uszkodzenie izolacji
styk
zetknąć
siła elektromotoryczna stykowa
oporność stykowa
dokładność styku; ścisłość styku
zwarcie (elektryczne)
zwarcie międzyprzewodowe
zwarcie międzyzwojowe
zwarcie ze szkieletem
zwarcie z ziemią; zwarcie doziemne
zwierać
prąd zwarciowy
prąd ziemnozwarciowy
upływ
prąd upływowy
upływność
ulot
prąd ulotowy
napięcie ulotu
ulotność
zjawiska przejściowe
przetężenie
przepięcie
zakłócenie *)
uszkodzenie *)
udar elektryczny

*) „awaria" — nieprawidłowo.

9. WARUNKI TECHNICZNE

a. Stan. Ruch. Obciążenie

stan czynny
stan nieczynny
pod napięciem
bez napięcia
pod prądem
bez prądu
stan obciążenia
stan jałowy
stan zwarciowy
bieg; ruch; praca (urządzenia)
uruchomienie (urządzenia)
rozruch (maszyny)
zanik ruchu (maszyny)
bezruch; postój
nawrót
synchronizm
synchronizacja
liczba obrotów
obciążenie
obciążenie indukcyjne
obciążenie bezindukcyjne
obciążenie pojemnościowe
obciążenie bezpojemnościowe
obciążenie stałe
obciążenie zmienne
obciążenie pełne; obciążenie całkowite
obciążenie częściowe
obciążenie dorywcze
obciążenie przerywane
obciążenie dopuszczalne
obciążalność
przeciążenie
przeciążalność
obciążenie [miona
wartości znamionowe; zna-
wartości normalne
wartości robocze

b. Moc. Praca

moc czynna
moc bierna
moc pozorna
współczynnik mocy
pobór mocy
wydatek mocy
moc pobierana
moc wydawana
praca pobrana
praca wydana
praca ciągła
praca przerywana
praca dorywcza
praca zmienna
praca okresowa
praca równoległa
sprawność
strata prądu
strata mocy
strata energii [row
strata z oporu; strata opo-
strata z upływu; strata upływowa
strata z ulotu; strata ulotowa [ciowa
strata z tarcia; strata tar-
strata z histerezy; strata histerezowa
strata z prądów wirowych; strata wiroprądowa
strata w miedzi
strata w żelazie
strata w izolacji
współczynnik strat
stratność (na jednostkę)
wyznaczanie strat

c. Czynności techniczne

łączyć
zamknąć (obwód)
otworzyć (obwód)
włączyć (źródło prądu, linię, odbiornik, napięcie, prąd, obciążenie); załączyć *)
wyłączyć, (źródło prądu, linię, odbiornik, napięcie, prąd, obciążenie)
przyłączyć (maszynę, urządzenie) [nie)
odłączyć (maszynę, urządze-
przełączyć (element obwodu)
zamknąć wyłącznik
otworzyć wyłącznik
puścić prąd
przerwać prąd
zwierać
puścić w ruch (maszynę, silnik, linię, urządzenie)
przerwać ruch (maszyny, silnika, linii, urządzenia)
łącznik
wyłącznik
włącznik
przerywacz
odłącznik
przełącznik
zwiernik
nawrotnik (prądu)
ogranicznik
zabezpieczać (obwód, urządzenie)
bezpiecznik
ochraniać (urządzenie)

*) CKSE uważa wyraz „włączyć" jako jedynie prawidłowy. Wyrazu „załączyć" można używać tylko w mowie w razie, gdyby mogło zajść nieporozumienie wskutek podobnego brzmienia słów „włączać — wyłączać". Wyraz „podłączać" jest nieprawidłowy w znaczeniu „włączać".

ochronnik
izolować
ziemia
uziemiać
uziom
napęd
regulowanie
regulator
nastawianie
rozrządzanie; sterowanie
położenie; pozycja
hamowanie
wyzwalanie
wyzwalacz
przekaźnik

d. Warunki budowy

budowa
budowa otwarta
budowa zamknięta
budowa chroniona; budowa ochronna (?)
budowa okapturzona
budowa kryta
budowa wypróbowana na...
budowa szczelna na...
budowa odporna na...
budowa wnętrzowa
budowa napowietrzna
budowa podwodna
chłodzenie
przewietrzanie
kadłub
szkielet
skrzynia
pokrywa
osłona
końcówka
nasadka kablowa
zacisk
tabliczka zaciskowa
tabliczka znamionowa

Dział II. Miernictwo elektryczne*)

1. UKŁADY MIAR. JEDNOSTKI

a. Układy jednostek. Wzorce

jednostka
miara
jednostka podstawowa
jednostka pochodna
wymiar
układ miar
układ jednostek
układ bezwzględny
układ CGS
układ elektrostatyczny
układ elektrostatyczny CGS; układ CGE-e
układ elektromagnetyczny
układ elektromagnetyczny CGS; układ CGS-m
układ praktyczny
układ MKS (Giorgiego)
układ międzynarodowy (jednostek)
wzorzec
wzorzec podstawowy
wzorzec wtórny
wzorzec użytkowy
wzorzec międzynarodowy
wzorzec natężenia prądu
wzorzec napięcia
wzorzec oporności
wzorzec pojemności
wzorzec indukcyjności
wzorzec częstotliwości
wzorzec światła
sprawdzian

b. Jednostki

jednostka międzynarodowa
jednostka bezwzględna
jednostka praktyczna
jednostka użytkowa
jednostka mechaniczna
dyna
erg
dżul
koń mechaniczny
koniogodzina
niuton (N)
jednostka elektryczna
om (Ω)
wolt (V)
amper (A)
symens (S)
kulomb (C)
farad (F)
henr (H)
wat (W)
war (VAr)
woltoamper (VA)
herc (Hz); cykl na sekundę (c/s)
amperosekunda (As)
amperogodzina (Ah)
watosekunda (Ws)
watogodzina (Wh)
kilowatogodzina (kWh)
amperozwój (Az)
jednostka magnetyczna
gilbert (Gb) (siła magnetomotoryczna)
ersted (Oe) (natężenie pola magnetycznego)
gaus (Gs) (indukcja magnetyczna)
makswel (Mx) (strumień magnetyczny)
weber (Wb) (10^{-8} makswelów)
jednostka ciepła
kaloria
jednostka różnicy temperatur
przedrostki (układu metrycznego)
mega (M — 10^{6})
kilo (k — 10^{3})
hekto (h — 10^{2})
deka (D — 10)
decy (d — 10^{-1})
centy (c — 10^{-2})
mili (m — 10^{-3})
mikro (μ — 10^{-6})
nano (n — 10^{-9})
piko (p — 10^{-12})

2. PRZYRZĄDY POMIAROWE

a. Pojęcia podstawowe

przyrząd pomiarowy
ustrój pomiarowy
organ nieruchomy
organ ruchomy
organ obrotowy
stan równowagi przyrządu
siła napędowa
siła odporowa
moment skręcający
moment napędowy
moment napędowy właściwy
moment odporowy
moment tłumiący
moment tarciowy
moment hamujący
stała napędu
stała zwracania
stała tarcia
stała tłumienia
stała hamowania
odchylenie; odchył
odchylenie chwilowe
odchylenie ustalone
powracanie; powrót
ruch nieokresowy; ruch aperiodyczny
ruch okresowy
ruch tłumiony
ruch tłumiony krytycznie
ruch nietłumiony
ruch przetłumiony
ruch niedotłumiony
ruch wymuszony
odchylenie szczątkowe
wahnięcie
czas uspokojenia
tłumienie
tłumienie własne
tłumienie naturalne
tłumienie sztuczne
tłumienie mechaniczne
tłumienie powietrzne
tłumienie płynowe
tłumienie elektromagnetyczne
tłumienie prądami wirowymi; tłumienie wiroprądowe
tłumienie krytyczne
stosunek tłumienia
stała tłumienia
współczynnik tłumienia
dekrement tłumienia
oporność wewnętrzna
oporność zewnętrzna
oporność krytyczna
obwód napięciowy
obwód prądowy
strumień napędowy
strumień napędowy napięciowy
strumień napędowy prądowy
wskazanie
zakres pomiarowy
czułość przyrządu pomiarowego
czułość bezwzględna
czułość względna
czułość normalna
czułość prądowa
czułość napięciowa
czułość balistyczna
granice czułości
dokładność przyrządu pomiarowego
stopień dokładności
klasa dokładności
uchyb przyrządu
poprawka (przyrządu)
stała przyrządu (pomiarowego)
stała galwanometru
stała prądowa
stała napięciowa
stała statyczna
stała balistyczna
stała dynamiczna
stała licznika

b. Rodzaje przyrządów pomiarowych

przyrząd stałoprądowy
przyrząd zmiennoprądowy
przyrząd wielkiej częstotliwości
przyrząd magnetoelektryczny
przyrząd elektromagnetyczny
przyrząd elektrodynamiczny
przyrząd indukcyjny
przyrząd elektrostatyczny
przyrząd cieplny
przyrząd prostownikowy
przyrząd termoelektryczny
bolometr
przyrząd fotoelektryczny
przyrząd elektrolityczny
przyrząd elektronowy
przyrząd bezwzględny
przyrząd wzorcowy
przyrząd ścisły
przyrząd laboratoryjny
przyrząd montażowy
przyrząd techniczny
przyrząd tablicowy
przyrząd kieszonkowy
przyrząd umiejscowiony
przyrząd przenośny
przyrząd zdalny
przyrząd zwierciadełkowy; przyrząd lusterkowy
przyrząd wskazówkowy
przyrząd liczydłowy
przyrząd o wskazaniu bezpośrednim
przyrząd o wskaźniku świetlnym
przyrząd odchyłowy
przyrząd zerowy
przyrząd bezzerowy
przyrząd różnicowy
przyrząd ilorazowy (o cewkach skrzyżowanych)
przyrząd wielozakresowy
przyrząd bocznikowany
przyrząd astatyczny

c. Przyrządy mierzące

przyrząd mierzący; miernik
miernik o ruchomej cewce
galwanometr
galwanometr o ruchomej cewce
galwanometr o ruchomym magnesie
galwanometr statyczny
galwanometr balistyczny
galwanometr przetłumiony
galwanometr wibracyjny
galwanometr rezonansowy
galwanometr zwierciadełkowy; galwanometr lusterkowy
galwanometr wskazówkowy
galwanometr strunowy
galwanometr pętlicowy
galwanometr pokrętny
galwanometr prostownikowy
galwanometr termoelektryczny
galwanometr różnicowy
galwanometr ilorazowy
busola stycznych
busola wstaw
elektrodynamometr
elektrodynamometr o osłonie magnetycznej
elektrodynamometr pokrętny
waga elektrodynamiczna
elektrometr
elektrometr bezwzględny
elektrometr kwadrantowy
elektrometr wielokomórkowy
elektrometr nitkowy
elektrometr kapilarny
miernik o rdzeniu ruchomym
miernik o rdzeniu wciąganym
miernik o rdzeniu odpychanym
miernik elektrodynamiczny
miernik ferrodynamiczny
przyrząd o osłonie magnetycznej
miernik o polu wirującym
miernik o strumieniu dzielonym (?)
miernik o druciku cieplnym
miernik o taśmie cieplnej
amperomierz
woltomierz
watomierz
waromierz
woltoamperomierz
omomierz
pojemnościomierz

*) Redaktor działu II: K. Drewnowski. — Współpracownicy: T. Arlitewicz, T. Czaplicki, B. Jabłoński, S. Jasiński, A. Kiliński, M. Mazur, B. Michelis. — Opiniodawcy: H. Darecki, W. Günther, K. Idaszewski, W. Iwaszkiewicz, St. Trzetrzewiński.

fazomierz
miernik współczynnika mocy
częstościomierz; miernik częstotliwości
częstościomierz języczkowy
falomierz
miernik izolacyjności
iskiernik pomiarowy
magnetometr
miernik napięcia magnetycznego
permeametr; miernik przenikalności
histerezometr; miernik uporności
fluksometr; strumieniomierz
pirometr; termometr elektryczny
pirometr oporowy
pirometr termoelektryczny
pirometr optyczny
analizator gazów spalinowych (elektryczny)
miernik tlenku węgla (elektryczny)
tachometr; obrotomierz

d. Przyrządy zliczające

przyrząd zliczający
licznik elektryczny; licznik
licznik stałoprądowy
licznik zmiennoprądowy
licznik jednofazowy
licznik trójfazowy
licznik dwuprzewodowy
licznik trójprzewodowy
licznik czteroprzewodowy
licznik czasu
licznik obrotów
licznik impulsów
licznik ilości elektryczności
licznik energii
licznik energii czynnej
licznik energii biernej
licznik energii pozornej
licznik amperogodzinowy
licznik watogodzinowy
licznik warogodzinowy
licznik woltoamperogodzinowy
licznik obrotowy
licznik rtęciowy
licznik wahadłowy
licznik oscylacyjny
licznik komutatorowy
licznik magnetoelektryczny
licznik elektrodynamiczny
licznik indukcyjny
licznik elektrolityczny
licznik dwutaryfowy
licznik wielotaryfowy
licznik szczytowy
licznik maksymalny
licznik maksymalny piszący
wskaźnik największego obciążenia
licznik różnicowy
licznik sumujący
licznik opustowy
licznik samoinkasujący
licznik wzorcowy
licznik do światła
licznik do siły
woltametr
woltametr srebrowy
woltametr miedziowy
woltametr gazowy
woltametr masowy
woltametr objętościowy

e. Przyrządy wskazujące i piszące

przyrząd wskazujący; wskaźnik
wskaźnik napięcia
elektroskop
wskaźnik prądu
galwanoskop
wskaźnik biegunowości
wskaźnik linii pola
wskaźnik kolejności faz
wskaźnik kierunku prądu
wskaźnik synchronizmu; synchronoskop
wskaźnik izolacyjności
wskaźnik zwarcia
wskaźnik uziemienia
wskaźnik zwarcia z ziemią
wskaźnik przerwy przewodu
lampa wskaźnikowa
magnetoskop
przyrząd piszący
przyrząd punktujący
przyrząd sygnałowy
oscylograf
oscylograf pętlicowy
oscylograf elektronowy
oscyloskop
ondograf
reograf
hysterezograf
tachograf; obrotomierz piszący

3. PRZYBORY POMIAROWE

a. Oporniki. Cewki. Kondensatory. Przekładniki

sprzęt pomiarowy
przybory pomiarowe
osprzęt (np. galwanometru)
posobnik (opornik dodatkowy)
posobnik wbudowany
bocznik
bocznik uniwersalny
bocznik wbudowany
przekładnia bocznika
dzielnik napięcia
opornik pomiarowy
opornik wzorcowy
opornik precyzyjny
opornik regulacyjny
opornik obciążeniowy
opornik porównawczy
opornik stosunkowy
opornik jednostopniowy
opornik wielostopniowy
opornik dziesiętny
skrzynka opornikowa
opornik kołkowy
opornik korbkowy
opornik suwakowy
opornik bezindukcyjny
opornik bezpojemnościowy
cewka indukcyjna pomiarowa
cewka własnoindukcyjna
cewka wzajemnoindukcyjna
cewka indukcyjna pokrętna
kondensator pomiarowy
skrzynka kondensatorowa
kondensator powietrzny
kondensator o sprężonym gazie
kondensator mikowy
kondensator papierowy
kondensator olejowy
kondensator płytkowy
kondensator zwijany
kondensator pokrętny
przekładnik; transformator miernikowy
przekładnik napięciowy
przekładnik prądowy
przekładnik skompensowany
przekładnik skompundowany
przekładnik prądowy odporny na zwarcie
przekładnik prądowy przepustowy
przekładnia (transformatora miernikowego)
uchyb przekładni
uchyb prądowy
uchyb napięciowy
kąt fazowy przekładnika prądowego
kąt fazowy przekładnika napięciowego
uchyb fazowy; uchyb kątowy (przekładnika)
obciążenie wtórne
liczba przetężeniowa
wytrzymałość cieplna
wytrzymałość dynamiczna
transformator ekranowany
transformator symetryzujący

b. Różne przybory pomiarowe

klucz galwanometrowy
klucz podwójny
klucz stopniowy
wyłącznik kołkowy
wyłącznik nożowy
przełącznik kołkowy
przełącznik kołyskowy
przełącznik wieloobwodowy
nawrotnik
przerywacz młoteczkowy
przerywacz brzęczykowy
przerywacz elektrolityczny
przerywacz rtęciowy
przerywacz strunowy
przerywacz obrotowy
zwiernik
brzęczyk
induktor
przetwornik brzęczykowy
przetwornik iskrowy
sonda
sonda bizmutowa
przesuwnik fazowy
wzmacniacz
filtr pomiarowy
trójnóg

4. BUDOWA PRZYRZĄDÓW I PRZYBORÓW POMIAROWYCH

a. Części składowe przyrządów

pudło; skrzynka
pancerz osłonny; osłona
cewka galwanometru
cewka stała
cewka ruchoma
cewka napięciowa
cewka prądowa
cewki skrzyżowane
ramka cewki
uzwojenie cewki
rdzeń blaszkowy
rdzeń z miękkiego żelaza
skrzydełko z miękkiego żelaza
pręcik z miękkiego żelaza
cewka tłumiąca
tłumik
tłoczek tłumikowy
skrzydełko tłumikowe
puszka tłumikowa
sprężynka nawrotna
sprężynka spiralna
przeciwwaga
igła magnetyczna
igła magnetyczna pojedyńcza
igła magnetyczna dzielona
magnes dzwonkowy
magnes astatyczny
magnes kierowniczy
magnes kompensacyjny
magnes hamujący
magnes tłumiący
bocznik magnetyczny
oś (organu ruchomego)
trzpień (organu ruchomego)
czopek
łożysko
łożysko górne
łożysko dolne
kamień łożyskowy
obsada kamienia
uchwyt łożyskowy
odbój
zawięź
nastawka zerowa
rdzeń licznika
rdzeń napięciowy
rdzeń prądowy
rdzeń troisty
zwora licznikowa
wirnik licznika
komutator licznika
tarcza licznika
tarcza; tarcza hamująca
hamulczyk
drucik cieplny
taśma cieplna
drucik naprężny (?)
listek (elektroskopu)
igła (elektrometru)
kwadrant
para kwadrantów
płytka (woltomierza elektrostatycznego)
komórka (woltomierza elektrostatycznego)
pierścień ochronny
języczek drgający
chorągiewka (języczka)
kołek; kołeczek
kołek odgałęźny

b. Układ postrzegania
urządzenie odczytowe układu postrzegania
latarnia odczytowa
luneta odczytowa
krzyżyk nitkowy
zwierciadełko; lusterko
zwierciadełko płaskie; lusterko płaskie
zwierciadełko wklęsłe; lusterko wklęsłe
podziałówka
podziałówka prosta
podziałówka łukowa
podziałka
długość podziałki
podziałka równomierna
podziałka nierównomierna
podziałka kwadratowa
podziałka bezzerowa
podziałka poszerzona
podziałka podwójna
podziałka wielokrotna
kreska działkowa
działka
punkt zerowy
tarcza podziałkowa
podziałówka zwierciadłowa
zwierciadło podziałówki
wskazówka
wskazówka nożowa
wskaźnik świetlny
liczydło (licznika)
liczydło wskazówkowe
liczydło bębenkowe
liczydło tarczowe
liczydło naskokowe

c. Warunki budowy i pracy
osadzenie (organu ruchomego)
osadzenie czopkowe
osadzenie jednoczopkowe
osadzenie pionowe
osadzenie poziome
zawieszenie (organu ruchomego)
zawieszenie nitkowe
zawieszenie dwunitkowe
zawieszenie taśmowe
zawieszenie przeciwwstrząsowe
ustawienie
ustawienie poziome
ustawienie pionowe
ustawienie pochyłe
nastawienie
nastawienie na zero
odchył zerowy (?)
zestawianie
nakręcać
zawięzić
odwięzić
nawinięcie
nawinięcie bezindukcyjne
nawinięcie bezpojemnościowe
nawinięcie dwunitkowe
nawinięcie przeciwsobne
przerwa iskrowa
przepełz

5. POMIARY

a. Pojęcia podstawowe
badanie
mierzenie
próbowanie
sprawdzanie
wzorcowanie
skalowanie
cechowanie
obliczanie
wyznaczanie; określanie
wielkość pomiarowa
wartość znamionowa
wartość zmierzona
wartość rzeczywista
wartość poprawna
wartość średnia
wartość prawdopodobna
pomiar
pomiar dokładny
pomiar kontrolny
pomiar techniczny
pomiar laboratoryjny
pomiar zdalny
zakres pomiaru
postrzeganie; obserwacja (czynność)
postrzeganie jednoczesne
spostrzeżenie (wynik)
odczytywanie (czynność)
odczytywanie bezpośrednie
odczytywanie pośrednie
odczytywanie subiektywne
odczytywanie obiektywne
odczytywanie wskazówkowe
odczytywanie zwierciadełkowe; odczytywanie lusterkowe
odczyt (wynik)
zapisywanie
kreślenie
wykres
charakterystyka

b. Metody i układy pomiarowe
zasada pomiaru
metoda pomiarowa
metoda bezwzględna
metoda porównawcza
metoda bezpośrednia
metoda pośrednia
metoda dokładna
metoda przybliżona
metoda laboratoryjna
metoda techniczna
metoda odchyłowa
metoda jednakowych odchyleń
metoda niejednakowych odchyleń
metoda podstawienia
metoda balistyczna
metoda zerowa
metoda przesuniętego zera
metoda mostkowa
metoda kompensacyjna
metoda opozycyjna
metoda różnicowa
metoda trzech amperomierzy
metoda trzech woltomierzy
metoda dwu watomierzy
metoda trzech watomierzy
metoda iskiernikowa
metoda prostownikowa
układ pomiarowy
układ mostkowy
mostek pomiarowy
mostek skrzynkowy
mostek Wheatstone'a
mostek Thomsona; mostek podwójny
mostek ślizgowy; mostek Kirchhoffa
mostek oporowy
mostek pozorno-oporowy
mostek pojemnościowy
mostek indukcyjny
mostek uniwersalny
mostek laboratoryjny
mostek techniczny
układ kompensacyjny
kompensator
układ elektrometryczny
układ heterostatyczny
układ idiostatyczny
układ mieszany

c. Dokładność pomiaru
dokładność pomiaru
uchyb pomiaru
poprawka
uchyb bezwzględny
uchyb względny
uchyb rzeczywisty
uchyb przypadkowy; uchyb spostrzeżenia
uchyb pozorny
uchyb średni spostrzeżenia
uchyb średni wartości średniej
uchyb (średni pomiaru)
uchyb stały; uchyb systematyczny
uchyb metody
uchyb przyrządu
uchyb wskazania
uchyb graniczny
uchyb całkowity
uchyb prawdopodobny
uchyb przybliżony
uchyb dopuszczalny
uchyb nadmierny
granica uchybów
warunki pomiaru
najkorzystniejsze warunki pomiaru
czułość układu pomiarowego
uchyb czułości układu pomiarowego
wpływy postronne
uchyb postronny
wyrównanie uchybów
tolerancja
interpolacja
ekstrapolacja

d. Próby techniczne
próba
próbka
próba kontrolna
próba odbiorcza
próba fabryczna
próba typu
próba wyrobu
próba pospołowa
próba wyrywkowa
próba szczególna
próba elektryczna
próba mechaniczna
próba cieplna
próba chemiczna
próba napięciowa
próba prądowa
próba na przebicie
próba przebicia
próba udarowa
próba izolacji
próba izolacji uzwojenia
próba izolacji międzyzwojowej
próba na straty dielektryczne
próba jałowa
próba zwarciowa
próba obciążeniowa
próba na przeciążenie
pomiar temperatury
doprowadzać napięcie *)
przyrost temperatury
pomiar (temperatury) termometrowy
pomiar temperatury oporowy
pomiar wskaźnikowy
temperatura krańcowa
odszukanie miejsca uszkodzenia **)
probiernia
wzorcownia
naprawnia

*) Nie „przykładać napięcie"
**) Nie miejsce „błędu", ani tym bardziej „awarii".

KOMUNIKATY S.E.P.

1. Składka członkowska.

W związku z wytycznymi NOT, dotyczącymi składki prasowej, Zarząd Główny SEP postanowił 19. 9. 50 r. co następuje:

1) Składkę członkowską obniża się do zł 100 miesięcznie*). Składkę tę inkasować będą nadal Oddziały SEP.

2) Wprowadza się opłatę za czasopisma techniczne według stawek NOT, którą to opłatę każdy członek jest obowiązany wpłacać bezpośrednio do Administracji Czasopism NOT (Warszawa, Czackiego 3/5, konto PKO I-16598 „Prenumerata ulgowa Czasopism Technicznych NOT").

3) Każdy członek jest zobowiązany prenumerować co najmniej jedno czasopismo branżowe według swego wyboru, ma zaś prawo zaprenumerować dowolną liczbę czasopism wydawanych przez NOT po ulgowych stawkach członkowskich.

*) Według nowej wartości złotego składka wynosi obecnie zł 3 miesięcznie.

4) W związku z powyższym postanowiono przedstawić do zatwierdzenia najbliższemu Zjazdowi Delegatów odpowiednią zmianę § 18 statutu SEP.

5) Wobec konieczności bezzwłocznego ujednolicenia sprawy prenumeraty czasopism we wszystkich stowarzyszeniach i opierając się na upoważnieniu NOT do zawieszenia mocy obowiązującej § 18 statutu, Zarząd Główny wprowadza powyżej wymienione zmiany od 1 lipca br.

Sumy składek prasowych pobrane od członków za okres od 1 lipca br. powinny być przekazane przez Oddziały bezpośrednio do Administracji Czasopism NOT.

2. **Kandydatury na członków SEP.** W myśl § 12 statutu SEP ogłasza się następującą listę kandydatów na członków zwyczajnych Stowarzyszenia:

ODDZIAŁ BIAŁOSTOCKI

Grunt-Mejer Feliks, Ełk-Syba, Jeziorna 85
Sobczak Włodzimierz, (T), Ełk, Rej. Urząd Telef.-Telegraf.
Sobociński Alfons, Ełk-Syba, Kolejowa 15
Sokołowski Kazimierz, Ełk, Osóbki Morawskiego 13
Trautsolt Paweł, Ełk, Elektrownia
Wiktorek Zygmunt, (T), Białystok, Stołeczna 13
Wróbel Jan, Białystok, Sosnowa 90

ODDZIAŁ KRAKOWSKI

Bechtloff Stanisław, Kraków, Długa 64 m. 2
Bieniasz Franciszek, Kraków, Morawskiego 4 m. 14
Broniszewski Kazimierz, (T), Bochnia, Kaz. Wielkiego 78
Brudny Jerzy, Kraków, Skwerowa 33
Brzyk Tadeusz, (T), Kraków, Józefińska 22 m. 13
Buryła Jan, Kraków, Romanowicza 9
Dobesz Jan, (T), Kraków, Orkana 26, Nowa Olsza
Fluder Zdzisław, Kraków, Zamkowa 15 m. 2
Galler Franciszek, Kraków, Misjonarska 9
Gasidło Mieczysław, Kraków-Prokocim, Kościuszki 4
Heklowski Ignacy, Kraków, Św. Łazarza 3 m. 6
Ilnicki Daniel, Kraków, Kochanowskiego 26 m. 6
Jeziorek Antoni, Kraków, Kasprowicza 12 m. 2
Klimek Henryk, Kraków, Dietla 11 m. 7
Kochan Alfred, Kraków, Grodzka 15 m. 13
Kozioł Zbigniew, (T), Kraków, Paulińska 8
Kubiński Henryk, Chrzanów, Trzebińska 53
Kwinta Marian, (T), Kraków, Rzeszowska 7 m 9
Lisak Jerzy, Kraków, Bohaterów Stalingradu 95 m. 10
Łopaciński Józef, Wieliczka, Konopnickiej 44
Maciołowski Władysław, Kraków, Sarego 5 m. 6
Madej Aleksander, Kraków, Bonerowska 6 m. 3
Maszewski Józef, Kraków, Zamkowa 10
Ostałek Józef, (T), Kraków, Morsztynowska 4
Ożóg Edward, Kraków, Pawła Popiela 21 m. 5
Pawulski Otto, Bochnia, Kurów 63
Petrow Tadeusz, Kraków, Batorego 5 m. 5
Pogorzelski Wiesław, Kraków, Litewska 19 m. 4
Popowicz Jerzy, Kraków, Krakusa 8 m. 7
Pyrek Józef, Kraków, Szopena 31 m. 2
Rosa Florian, Kraków, Ks. Skorupki 26 m. 2 B
Schulder Anatol, (T), Kraków, Kochanowskiego 14 m. 5
Sidor Jerzy, Kraków, Starowiślna 14 m. 28
Spytek Jakub, (T), Kraków, Halicka 17 m. 8
Stefanik Tadeusz, Kraków, Bosacka 18 m. 3
Stempak Tadeusz, Kraków, Juliusza Leo 6 a
Szemraj Ryszard, Tarnów, Rejtana 10 m. 5
Treutler Juliusz, Kraków, Al. Grottgera 2 m. 7
Turek Kazimierz, Tymbark, pow. Limanowa
Wichman Jerzy, Kraków, Lanckorońska 2 m. 18
Wiśniewski Adam, (T), Kraków, Sarego 22 m. 15
Wolski Mieczysław, (T), Kraków, Słoneczna 19
Wróbel Franciszek, Tarnów, Skargi 3
Zając Feliks, (T), Kraków, Janowa Wola 16 m. 18
Ziemski Stefan, Dziekanowice, Kraków 21

ODDZIAŁ LUBELSKI

Burdyński Ewald, (T), Lublin, Czechów 202
Drzewiecki Ryszard, Lublin, M. Reja 6
Kolaszyński Paweł, Lublin, Rybna 1 m. 7
Korta Jerzy, (T), Puławy, budowa Państw. Przeds. Robót Telek.
Kuchto Jerzy, Lublin, Słowackiego 1 m. 2
Oleszczuk Stanisław, (T), Lublin, Kunickiego 54 m. 1
Piotrowski Jerzy, Lublin, Dolna 3 Maja 2 c m. 2
Robak Eugeniusz, (T), Puławy, Czartoryskich 2 (PPRT)
Sołtys Bolesław, Lublin, Stalingradzka 24 m. 6

ODDZIAŁ ŁÓDZKI

Gerstenberger Lucjan, Lutomiersk Las
Groblewski Kazimierz, Łódź, Świerczewskiego 47 m. 12
Iskrzyński Zbigniew, Łódź, Południowa 90
Korzeniowski Antoni, Łódź-Stoki, Skalna 24 m. 1
Kuna Marian, Łódź, Południowa 28
Lis Witold, Łódź, Południowa 28
Malecki Jerzy, Łódź-Stoki,Skalna 34 m. 6
Marlicki Henryk, Łódź, Malczewskiego 41
Poprawa Henryk, Łódź, Al. Kościuszki 3
Rewicki Brunon, Łódź, Al. Kościuszki 3
Rogoziński Wacław, Łódź, Mieliny 7
Rojek Konstanty, Łódź, Targowa 1/3
Sikorski Bolesław, Kutno, Zdrojowa 5
Starczewski Wiesław, Łódź, Radzymińska 28 m. 1
Szczepański Zdzisław, Łódź, Kopernika 4 m. 7
Śmierzchalski Jerzy, Łódź, Piotrkowska 15 m. 9
Upirów Piotr, Łódź, Piotrkowska 28 m. 32
Zarębski Witold, Łódź, Więckowskiego 1 m. 23

ODDZIAŁ MAZOWIECKI

Chmielecki Władysław, Płock, Wieczorka 27, ZEOPW
Cieślik Feliks, Łowicz, Mostowa 30
Doroczyński Jan, Włocławek, Kilińskiego 8 m. 9
Chyliński Bronisław, Włocławek, 3 Maja 24
Filipowicz Józef, Łowicz, Stalingradzka 20 m. 3
Głowacki Wacław, Łowicz, Mostowa 30
Gradowski Marian, Łowicz, Mostowa 30
Guzowski Julian, Włocławek, Chmielna 10 m. 1
Kołodziejski Cezary, Włocławek, Łęgska 79 m. 2
Łepeta Roman, Łowicz, Małszyce 30
Markuszewski Bolesław, Rypin, Jasna 6
Rybacki Stefan, Włocławek, Bulwary ZKR 28 m. 5
Seroczyński Józef, Włocławek, Kilińskiego 11 a m. 9
Siejka Stanisław, Łowicz, Mostowa 30
Sowiński Aleksander, Łowicz, Sienkiewicza 17
Wielicki Jerzy, Włocławek, Łęgska 18
Zakrzewski Jan, Włocławek, Płowiecka 7
Żelazek Stanisław, Lubień Kuj., Żymierskiego 21

ODDZIAŁ POMORSKI

Adamowicz Zdzisław, Bydgoszcz, Sienkiewicza 60 m. 2
Anrzpenger Jerzy, Bydgoszcz, Krasińskiego 15 m. 3
Bednarek Edmund, Inowrocław, Solankowa 14
Bocian Henryk, Bydgoszcz, Zakątek 2/3
Burak Bogdan, Inowrocław, Poznańska 15
Dobski Andrzej, Bydgoszcz, Kopernika 3 m. 2
Frzesowski Franciszek, Bydgoszcz, Wyzwolenia 3
Giemski Aleksander, Bydgoszcz, Łokietka 36 m. 2
Hack Henryk, Bydgoszcz, Jasna 25
Jankowski Franciszek, Bydgoszcz, Grodzka 6
Jędrusiak Jan, Bydgoszcz, Wełniany Rynek 2
Kans Tadeusz, Bydgoszcz, Kwiatowa 1 m. 2
Karczyński Rajmund, Bydgoszcz, Osada 27 m. 2
Kaźmierczak Jan, Bydgoszcz, Cieszkowskiego 3 m. 6
Kozłowski Paweł, Bydgoszcz, Wełniany Rynek 2 m. 5
Kwiatkowski Bernard, Bydgoszcz, Pomorska 51 m. 6
Ogórkiewicz Tomasz, Inowrocław, Andrzeja 17
Orzechowski Tadeusz, Bydgoszcz, Śląska 40 m. 5
Palacz Zygmunt, Bydgoszcz, Żeglarska 29
Pełczyński Jerzy, Bydgoszcz, Grunwaldzka 29 m. 1
Porada Zygmunt, Bydgoszcz, Hetmańska 4 m. 6
Rakowski Karol, Bydgoszcz, Pomorska 52 m. 1
Rynglewski Henryk, Bydgoszcz, Kołłątaja 6 m. 5
Skrzypczak Józef, Bydgoszcz, Łąkowa 6 m. 1
Szymczak Jan, Bydgoszcz, Ossolińskich 11 m. 5
Warszawski Czesław, Bydgoszcz, Dworcowa 96 m. 1
Węgierski Tadeusz, Więcbork, Wyzwolenia 6
Zapolski Leon, Bydgoszcz, Śniadeckich 7 m. 5
Zimnoch Kazimierz, Bydgoszcz, Łokietka 16 m. 3

ODDZIAŁ POZNAŃSKI

Antowski Teodor, Poznań, Loretańska 6 m. 10
Grecki Izydor, Poznań, Zwierzyniecka 27 m. 3
Jarząbkiewicz Zdzisław, Poznań, Rogalińskiego 13 m. 1
Runga Alfons, Poznań, Karkonoska 12 m. 3
Ziółkowski Tomasz, Puszczykowo k. Poznania, Poznańska 38

ODDZIAŁ WARSZAWSKI

Bartnikowski Stefan, Warszawa, Nowolipie 11 m. 18
Bernas Stefan, Ursus, Narutowicza 3
Borsik Franciszek, Warszawa, Obozowa 75 m. 6
Ciechanowski Stanisław, (T), Pruszków, Owocowa 17 m. 2
Cieśliński Andrzej, (T), Warszawa, 11 Listopada 4 m. 14
Jakubowski Stefan, Jelonki, p-ta Włochy, Żeromskiego 58
Kawka Władysław, (T), Warszawa, Sienna 17 m. 12
Kempa Stefan, (T), Wawer, Urocza 24 m. 3
Kowalski Marian, (T), Warszawa, Jadowska 7 m. 5 a
Kruszewski Ryszard, (T), Warszawa, Lipowa 4 m. 7
Kurowski Witold, (T), Warszawa, Kordeckiego 53 m. 10
Leśniak Ryszard, Włochy, hotel „Jelonki"
Mazurkiewicz Antoni, (T), Warszawa, Chmielna 75 m. 52
Melka Teresa, (T), Warszawa, Felińskiego 39
Mendak Franciszek, Warszawa-Okęcie, Centr. Port Lotniczy, PPRK 4
Micchałek Michał, (T), Warszawa, Barbary 2a/3
Molenda Jan, Warszawa, Główne Biuro Elektryf. Wsi, Wybrzeże Kościuszkowskie 41
Muszyński Józef, Warszawa, Obrońców 14 m. 1
Nowak Alojzy, Wawer, Sportowa 35
Pasiński Henryk, (T), Miłosna, Staszica 23
Pernak Stanisław, Warszawa-Okęcie, Żwirki i Wigury, „Hotel Robotniczy"
Piętka Jan, Warszawa, Szustra 3 m. 20
Piotrowski Maciej, Warszawa, Tarczyńska 11 m. 6
Prokurat Wacław, (T), Międzylesie k. Warszawy, Leśna 14 m. 3
Rudnicki Henryk, Piekiełko, Modlińska 26 m. 2, p-ta Henryków k. Warszawy
Strzyżewski Józef, Warszawa, Wilcza 54 a m. 2
Turski Artur, Warszawa, Kaweczyńska 15 m. 59
Ujazdowski Kazimierz, Warszawa, Piotra Skargi 67 b m. 1
Ustupski Wiesław, Warszawa, Nowogrodzka 46 m. 9
Włodarski Aleksander, (T), Pruszków-Komorów Granica, ul. Szeroka 7
Zyń Stefan, (T), Rembertów, Kopernika 1

ODDZIAŁ WROCŁAWSKI

Adamczewski Czesław, Wrocław, Katowicka 11 m. 4
Aleksiejew Jerzy, Wrocław, Prądzyńskiego 26 m. 16
Bednarczyk Jerzy, Wrocław, Świerczewskiego 74, PBE
Bielas Edward, Wrocław, Bol. Chrobrego 40 m. 2
Bill Ryszard, Wrocław, Słowackiego 32 m. 1
Błaszkiewicz Zbigniew, Wrocław, Trzebnicka 40 m. 19
Bobek Stanisław, (T), Wrocław, Krasińskiego 1
Borgulat Józef, Wrocław, Świerczewskiego 74
Burak Wincenty, Oleśnica, Wały Jagiellońskie 17
Buryła Józef, Wrocław, Mielczarskiego 38
Czaderski Tadeusz, Ludwikowice Kłodzkie, Fabryczna 7

Dąbrowski Leszek, (T), Wrocław, Norwida 18 m. 9
Dębski Otton, (T), Wrocław, Stalina 49 m. 3
Domagała Krystyn, Wrocław, Garwolińska 16 m. 3
Dopierała Jan, (T), Wrocław, Piastowska 29 m. 9
Dorabialski Czesław, Wrocław, Kurkowa 26 m. 12
Drygajło Franciszek, Jaworzyna Śl., Świdnicka 4
Duda Henryk, Wrocław, Kilińskiego 23 m. 3
Dzidowski Mieczysław, Wrocław, Kniaziewicza 18
Filipowicz Stefan, Wrocław, Komuny Paryskiej 49 m. 16
Florkiewicz Tadeusz, Wrocław, Szczytnicka 32 m. 9
Fortuna Stanisław, Wrocław, Korfantego 16
Gondef Władysław, Legnica, Kaz. Wielkiego 9 m. 4
Grudziński Eugeniusz, Wrocław, Libelta 5 m. 3
Hołubowicz Czesław, (T), Wrocław, Gierymskich 104 m. 1
Ickiewicz Stanisław, (T), Wrocław, Rawska 9
Jędryczka Zygmunt, Wrocław, Rzeźbiarska 4
Kaniak Józef, Wrocław, Świerczewskiego 74
Kargol Stanisław, Wrocław, Kasprowicza 16 m. 11
Kądziołka Jan, Wrocław, Stalowa 79 m. 4
Kluba Eligiusz, Wrocław, Poniatowskiego 13 m. 3
Knapp Franciszek, Wrocław, Nowy Świat 31 m. 9
Kościak Jan, (T), Wrocław, Stalina 49 m. 17
Kowalski Witold, Wrocław, Trzebnicka 6 m. 5
Kozłowski Stanisław, (T), Wrocław, Krasińskiego 7 m. 1
Kurek Włodzimierz, (T), Wrocław, Skrajna 16 m. 18
Lasocki Józef, (T), Wrocław, Rawska 9
Lauka Stefan, Wrocław, Kniaziewicza 17 m. 14
Lenard Antoni, Wrocław, Witosa 5 m. 23
Lentz Henryk, Świdnica, Plac Fabryczny 8
Ludwina Leon, Wrocław, Św. Wincentego 47 m. 12
Łasica Zenon, (T), Wrocław, Krasińskiego 5 m. 11
Miąso Bolesław, Wrocław, Św. Wincentego 47 m. 12
Mielczarek Jan, Wrocław, Orzeszkowej 33 m. 8
Miśkiewicz Jan, Wrocław, Klęczkowska 30 m. 32
Miziura Marek, Namysłów Śl., Plac Wolności 3
Muc Jerzy, Wrocław, Tęczowa 50 m. 6
Musioł Stanisław, (T), Wrocław, Krasińskiego 1 m. 9
Niedbalec Kazimierz, Wrocław, Kościuszki 65 m. 8
Nowicki Roman, Wrocław, Engelsa 11 m. 6
Nowicki Zbigniew, Wrocław, Pstrowskiego 12
Oborski Wiktor, (T), Wrocław, Krasińskiego 9
Onik Edward, Wrocław, Lompy 24 m. 5
Palkowski Zygmunt, Wrocław, Kasprzaka 28 m. 2
Pończyk Ryszard, Wrocław, Pstrowskiego 12
Piątek Jan, (T), Wrocław, Kasprzaka 2 m. 3
Piusiński Edward, (T), Wrocław, Krasińskiego 1 m. 9
Pluciński Stanisław, Wrocław, Traugutta 43 m. 5
Puternicki Józef, (T), Wrocław, Krasińskiego 9
Rajca Edward, (T), Wrocław, Stalina 49 m. 3
Rękas Aleksander, (T), Wrocław, Stalina 49 m. 2
Ring Marian, Wrocław, Brzeska 23 m. 11
Romanowski Marian, Wrocław-Zacisze, Tkacka 4 m. 2
Rybiewski Wawrzyniec, Wrocław, Stalowa 69 m. 9
Sielski Władysław, Wrocław, Świstackiego 20 m. 12
Sołtysik Leszek, (T), Wrocław, B-ci Gierczyńskich 75
Storek Stanisław, (T), Wrocław, Rostafińskiego 12 m. 2
Szczodrak Zygmunt, Wrocław, Traugutta 127 m. 16
Szmidt Stanisław, Wrocław, Pstrowskiego 12
Tadyszak Lech, Wrocław, Czackiego 15 m. 2
Targoński Eugeniusz, Wrocław, Traugutta 35/37
Tomasiewicz Jerzy, Wrocław, Kniaziewicza 15 a m. 8
Tuszyński Jan, Wrocław, Pstrowskiego 12
Urbanowicz Zdzisław, (T), Wrocław, Pl. Grunwaldzki 50 m. 1
Waldziński Witold, (T), Wrocław, Krasińskiego 1/9
Wetal Jerzy, (T), Wrocław, Krasińskiego 1/9
Włodarski Józef, Wrocław, Stalina 182 m. 7
Wolaniecki Zbigniew, Wrocław, Ciepła 39 m. 9
Wołoszynowski Andrzej, Wrocław, Monte Cassino 37 a
Zapała Bolesław, Wrocław, Szarzyńskiego 65 m. 14
Zawada Marian, Wrocław, Ślężna 215 m. 5

ODDZIAŁ ZAGŁĘBIA WĘGLOWEGO

Baron Henryk, (T), Tychy, Starokościelna 101
Brachman Konstanty, Katowice, 3 Maja 27 m. 6
Dziubiński Jan, (T), Będzin, Kościuszki 20
Gałazka Tadeusz, (T), Sosnowiec, Moniuszki 33
Gołębiowski Mieczysław, Katowice, Mariacka 23
Hochuł Bernard, (T), Mysłowice, Siemianowicka 60
Kaldonek Teodor, Gliwice, Sośnica, Gaszynów 22
Kwapis Konrad, (T), Mysłowice, Powstańców 11
Nedilski Mikołaj, (T), Tenczynek 101, pow. Chrzanów
Stelniaszczyk Teodor, (T), Sosnowiec, Rzymska 6
Szczerbaluk Leonard, Katowice, Mariacka 23
Śliwa Bronisław, Gliwice, Moniuszki 12 m. 3
Terczyński Ewaryst, (T), Mysłowice, Powstańców 7
Tomczyk Ryszard, (T), Czeladź-Piaski, Borowa 102
Zacharz Kazimierz, (T), Klimontów Sosnowiecki, Browarna 18
Znamiecki Władysław, Gliwice, Zwycięstwa 4 m. 3

Projekt I

POLSKIE NORMY ELEKTROTECHNICZNE PN/E-02030

NORMALNE NATĘŻENIA OŚWIETLENIA PRZY OŚWIETLENIU SZTUCZNYM*)

Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać pod adresem Centralnego Zakładu Elektrotechniki PKN (Warszawa, Al. Stalina 27) w terminie do dnia 1 marca 1951 r.

Projekt opracowała XXVIII Komisja natężeń oświetlenia. W pracach Komisji brali udział: Wł. Felhorski (referent), H. Marciniak, T. Oleszyński (przewodniczący).

PRZEDMOWA

Sprawne wykonywanie pracy — bez omyłek, bez nadmiernego zmęczenia wzroku i bez niebezpieczeństwa nieszczęśliwych wypadków — jest możliwe tylko przy dobrym oświetleniu. Dobre oświetlenie podnosi również porządek, czystość i dyscyplinę pracy.

Dobre oświetlenie wymaga:
a) dostatecznego natężenia oświetlenia,
b) wyeliminowania olśnienia,
c) równomierności w przestrzeni i stałości w czasie,
d) właściwych cieni,
e) odpowiedniej barwy światła,
f) utrzymania kosztów instalacji i eksploatacji urządzenia oświetleniowego w gospodarczo uzasadnionych granicach.

Granice natężeń oświetlenia, w których dany rodzaj pracy może być wykonywany, są szerokie; względy higieny i bezpieczeństwa pracy nie pozwalają na stosowanie zbyt małych natężeń oświetlenia, koszty eksploatacji urządzeń oświetleniowych stoją na przeszkodzie stosowaniu zbyt dużych natężeń oświetlenia.

Ponieważ ze wzrostem natężenia oświetlenia rośnie wydajność pracy, można w określonych wyżej szerokich granicach znaleźć dla każdego rodzaju pracy taki węższy zakres natężenia oświetlenia, który przy danych warunkach gospodarczych i stanie techniki jest gospodarczo najkorzystniejszy. Takie zakresy natężeń oświetlenia są podane w normie.

Przy korzystaniu z normy należy pamiętać, że osiągnięcie normalnego natężenia oświetlenia zapewnia tylko wówczas dobre oświetlenie, jeżeli są spełnione również pozostałe warunki dobrego oświetlenia, a więc przy projektowaniu lub ocenie urządzeń oświetleniowych potrzebna jest znajomość nie tylko normalnych natężeń oświetlenia, ale i całej techniki oświetleniowej.

Najważniejszym warunkiem koniecznym do uzyskania dobrego oświetlenia, jest — obok podanych w normie natężeń oświetlenia — wyeliminowanie olśnienia. W tym celu należy unikać:

a) nadmiernej jaskrawości źródeł światła w polu widzenia [1]),

b) zbyt wielkich różnic między jaskrawościami występującymi w polu widzenia, powodujących olśnienie przy przenoszeniu wzroku z przedmiotu ciemniejszego na jaśniejszy [2]).

1. POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1. Przedmiot normy.

Przedmiot normy stanowią normalne natężenia oświetlenia przy oświetleniu sztucznym (elektrycznym, gazowym i innym) pomieszczeń i terenów.

1.2. Określenia.

1.2.1. Źródło światła jest to ciało promieniujące energię w postaci fal elektromagnetycznych o długości od ok. 400 do 760 manometrów (milimikronów).

1.2.2. Strumień świetlny Φ źródła światła jest to moc promieniowania, oceniona według wywołanego wrażenia świetlnego.

[1]) Jaskrawość ta nie powinna przekraczać przy oświetleniu ogólnym 0,3 sb, a przy oświetleniu miejscowym 0,2 sb. Przy oświetleniu rurami fluoryzującymi zaleca się stosowanie w obu przypadkach jaskrawości jeszcze niższych.

[2]) Zaleca się, aby stosunek jaskrawości między poszczególnymi częściami pola widzenia nie przekraczał:
3 : 1 między polem pracy a bliskim otoczeniem,
10 : 1 między polem pracy a dalszym otoczeniem,
20 : 1 między źródłami światła a ich sąsiedztwem,
40 : 1 między najjaśniejszym i najciemniejszym miejscem pola widzenia.

1.2.3. Światłość I elementu powierzchni źródła światła w danym kierunku jest to gęstość strumienia świetlnego w kącie przestrzennym; wyraża się ona stosunkiem strumienia świetlnego, wysyłanego przez ten element w danym kierunku, do kąta przestrzennego obejmującego ten strumień:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (1-1).$$

1.2.4. Jaskrawość B elementu powierzchni źródła światła w danym kierunku jest to stosunek światłości tego elementu do pola jego rzutu na płaszczyznę prostopadłą do danego kierunku:

$$B = \frac{d\Phi}{ds} \quad (1-2).$$

1.2.5. Natężenie oświetlenia E na danym elemencie powierzchni jest to gęstość strumienia świetlnego na powierzchni oświetleniowej; wyraża się ono stosunkiem strumienia świetlnego, padającego na ten element, do jego pola:

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (1-3).$$

1.2.6. Średnie natężenie oświetlenia $E_{śr}$ na danej powierzchni jest to stosunek strumienia świetlnego, padającego na tę powierzchnię, do jej pola:

$$E_{śr} = \frac{I}{S} \quad (1-4).$$

1.2.7. Równomierność oświetlenia danej powierzchni jest to stosunek natężenia oświetlenia najmniejszego do największego na danej powierzchni:

$$\delta = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (1-5).$$

1.2.8. Oświetlenie ogólne jest to system oświetlenia, mający na celu wytworzenie wymaganego natężenia oświetlenia w całym pomieszczeniu.

1.2.9. Oświetlenie miejscowe jest to system oświetlenia, mający na celu wytworzenie wymaganego natężenia oświetlenia na samym tylko miejscu pracy.

1.3. Normalne zakresy natężenia oświetlenia.

Normalne zakresy natężenia oświetlenia i odpowiadające im oznaczenia literowe są następujące:

Zakres natężenia oświetlenia (lx)	Oznaczenie literowe w tablicach
1 — 2	A
2 — 5	B
5 — 10	C
10 — 20	D
20 — 50	E
50 — 100	F
100 — 200	G
200 — 500	H
500 — 1000	I
1000 — i więcej	K

Natężenia oświetlenia, objęte zakresami A do F, powinny być uzyskane przez zastosowanie oświetlenia ogólnego (1.2.8).

Natężenia oświetlenia, objęte zakresami I i K, powinny być uzyskane przez zastosowanie oświetlenia miejscowego (1.2.9) z jednoczesnym oświetleniem ogólnym (1.2.8), zapewniającym co najmniej 10% całkowitego natężenia oświetlenia.

Natężenia oświetlenia, objęte zakresami G i H, mogą być uzyskane jednym z podanych wyżej sposobów.

1.4. Normy związane.

PN/E-01100 „Oznaczenie literowe ważniejszych wielkości i jednostek używanych w elektrotechnice".

2. WYBÓR NATĘŻENIA OŚWIETLENIA

Zakres natężenia oświetlenia, odpowiadający danemu pomieszczenia, urządzenia, czynności lub terenu, powinien być wybrany wg tablic normalnych zakresów natężeń oświetlenia (3).

Przy wyborze określonej wartości natężenia oświetlenia w granicach znalezionego w tablicach (3) zakresu należy uwzględnić warunki miejscowe (współczynnik odbicia światła dla powierzchni przedmiotu pracy, kontrast między przedmiotem i tłem) oraz stopień wymagań (wartość przedmiotu pracy, względy estetyczne). Stosowanie natężeń oświetlenia wyższych od górnej granicy odpowiedniego zakresu jest dopuszczalne tylko w przypadkach szczególnie trudnych warunków miejscowych pracy wzrokowej, przewagi względów estetycznych lub reprezentacyjnych nad ekonomicznymi, jak również w przypadku stosowania lamp fluoryzujących.

Wybrane natężenie oświetlenia powinno występować nawet na najsłabiej oświetlonych częściach pola pracy; w przypadku terenów otwartych powinno to być średnie natężenie oświetlenia na poziomie terenu.

W przypadkach, gdy pole pracy nie jest ściśle określone, wybrane natężenie oświetlenia powinno występować na całej płaszczyźnie, na której może być wykonywana praca, a mianowicie:

a) w pomieszczeniach, w których mogą znajdować się stoły (np. świetlice, pokoje mieszkalne), na wysokości 0,85 m nad podłogą;

b) w pomieszczeniach lub częściach pomieszczeń służących do komunikacji (np. przejścia w pomieszczeniach pracy, korytarze, schody) oraz w pomieszczeniach składowych przedmiotów dużych — na poziomie podłogi.

Wybrane natężenie oświetlenia powinno być utrzymane podczas pracy urządzenia oświetleniowego, a więc bez względu na (dopuszczone przepisami) spadki napięcia, obniżanie się sprawności źródeł światła wskutek ich zużycia oraz zakurzenie i pociemnienie zarówno szkieł i reflektorów, jak ścian i sufitów. Przy projektowaniu urządzenia oświetleniowego należy więc, po wybraniu odpowiedniego natężenia oświetlenia, wprowadzić do obliczeń współczynnik obniżenia się sprawności oświetlenia, którego wartość jest zależna od warunków miejscowych (szybkości osiadania kurzu, częstości czyszczenia itp.) i wynosi zazwyczaj $k = 0{,}65 - 0{,}75$.

3. TABLICE NORMALNYCH ZAKRESÓW NATĘŻENIA OŚWIETLENIA

3.1. POMIESZCZENIA PRZEMYSŁOWE

3.1.1. Przemysł ceramiczny

Cementownie, cegielnie, fabryki porcelany

Mielenie, suszenie, wypalanie, wyrób cegły, prefabrykacja elementów betonowych	E
Formowanie, prasowanie, oczyszczanie i glazurowanie wyrobów ceramicznych	F
Zdobienie wyrobów ceramicznych	G

Fabryki szkła

Mieszalniki, piece do topienia i wyżarzania	E
Prasowanie, dmuchanie, obcinanie, równanie, wytrawianie, piaskowanie	F
Szlifowanie, polerowanie, srebrzenie, zdobienie, zgrubna obróbka szkieł optycznych, wyrób przyrządów laboratoryjnych	G
Ręczne szlifowanie kryształów	H
Dokładne szlifowanie, polerowanie i sprawdzanie szkieł optycznych	I

3.1.2. Przemysł chemiczny

Proste i nie zmechanizowane urządzenia fabryk

Piece, suszarki, zbiorniki, krystalizatory	E

Zmechanizowane i bardziej złożone urządzenia fabryk

Piece, suszarki, krystalizatory, urządzenia do odparo-

wywania, destylacji, filtrowania, ekstrakcji, nitrowania, elektrolizy F

Fabryki wyrobów gumowych

Przygotowanie mieszanek (walce, ugniatarki), przygotowanie tkanin, zgrubne kalandrowanie, cięcie, wytłaczanie, wyrób masywów i prostszych artykułów technicznych, wulkanizacja F
Dokładne kalandrowanie, konfekcjonowanie obrzeży opon, nakładanie bieżników, wyrób obuwia gumowego (wycinanie spodów i wierzchów, konfekcjonowanie), wykańczanie wyrobów G

3.1.3. Przemysł drzewny

Zgrubne prace ręczne, zgrubne przecinanie piłą F
Dokładniejsze prace ręczne (sklejanie, równanie, wygładzanie, fornierowanie, roboty bednarskie), prace na obrabiarkach, modelarnie, prace tapicerskie G
Staranne wykańczanie (polerowanie) H

3.1.4. Przemysł elektrotechniczny

Akumulatornie E
Wyrób akumulatorów (formowanie płyt), impregnacja uzwojeń maszyn elektrycznych F
Wyrób kabli i przewodów, uzwajanie maszyn elektrycznych, nawijanie cewek drutem o średnicy ponad 0,2 mm G
Nawijanie cewek cienkim drutem w emalii (o średnicy poniżej 0,2 mm), wyrób lamp elektrycznych i elektronowych na automatach H
Bardzo dokładne czynności (nawijanie, łączenie) przy wyrobie aparatów pomiarowych oraz radio- i teletechnicznych, wyrób skrętek i elektrod do lamp oraz montaż ręczny zestawów do lamp elektrycznych i elektronowych I
Inne czynności ob. 3.1.8.

3.1.5 Energetyka

Kotłownie E
Akumulatornie E
Rozdzielnie w budynkach F
Rozdzielnie napowietrzne D
Maszynownie i rozrządnie G
Tablice rozdzielcze i rozrządcze H

3.1.6. Górnictwo

Podszybia:
a) szybów zjazdowych i wydobywczych E
b) szybów wentylacyjnych, podsadkowych, drzewnych D

Podszybia i nadszybia:
a) szybików ślepych przewozowych E
b) szybików wentylacyjnych, przez które odbywa się ruch ludzi D

Przedziały drabinowe szybów i szybików C
Dworce podszybowe E
Wyloty głównych chodników przewozowych, rozjazdy i skrzyżowania torów, zwrotnice centralne D
Punkty załadowcze, platformy pod rynnami, pod i nad pochylniami przewozowymi E
Przodki:
a) roboty przygotowawcze E
b) roboty wydobywcze D

Przejścia dla ludzi (chodniki objazdowe) C
Komory maszynowe:
a) podziemne warsztaty reperacyjne, remizy elektrowozowe, hale przetwornicowe, stacje prostownikowe, rozdzielnie z obsługą, pompownie podszybowe E
b) komory pomp polowych, komory kołowrotów D

Łamanie i płukanie węgla, przesiewanie F
Przebieranie węgla (wzbogacanie ręczne) G
Rozdrabnianie i przesiewanie kamienia:
a) przenośniki taśmowe, obiegi wózków, miejsca załadowania, zsuwanie, wnętrza zbiorników, pomieszczenia wstępnych łamaczy, łamacze pomocnicze pod zbiornikami E
b) przesiewacze F

3.1.7. Przemysł hutniczy

Piece do wyżarzania i podgrzewania E
Ładowanie pieców martenowskich, walcowanie na gorąco i na zimno, ciągarnie drutów i prętów, obcinanie, wytrawianie, oczyszczanie F
Kontrola wyrobów G

3.1.8. Przemysł metalowy

Odlewnie

Ładowanie pieców, nalewanie form, wytrząsanie, zgrubne oczyszczanie odlewów E
Proste formowanie i wyrób rdzeni, odlewy wtryskowe i kokilowe F
Trudne formowanie i wyrób rdzeni G

Kuźnie

Kucie, tłoczenie na gorąco, spawanie elektryczne i acetylenowe F

Blacharnie

Prace na prasach, cięcie blach na nożycach, prace na innych maszynach do obróbki blach, ręczne prace blacharskie:
a) mało dokładne F
b) dokładne G

Ślusarnie

Prace ślusarskie i prace na obrabiarkach do metali:
a) mało dokładne F
b) średnio dokładne (zgrubne toczenie, szlifowanie i polerowanie, obsługa automatów) G
c) dokładne (toczenie, szlifowanie i polerowanie, obsługa dokładnych i złożonych automatów) H
d) bardzo dokładne (toczenie, szlifowanie, polerowanie, docieranie, grawerowanie, wykonywanie bardzo dokładnych mechanizmów, przyrządów i sprawdzianów) I

Montownie

Prace:
a) mało dokładne (kotły, konstrukcje mostowe, wagony, parowozy, maszyny rolnicze) F
b) średnio dokładne (podwozia samochodów, pompy, mniej dokładne obrabiarki do drewna) G
c) dokładne (nadwozia samochodów, silniki spalinowe, sprężarki, maszyny włókiennicze, obrabiarki do drewna i do metali) H
d) bardzo dokładne (precyzyjne obrabiarki do metali, przyrządy pomiarowe, mechanizmy zegarowe) I

Prace wykończeniowe spotykane w przemyśle metalowym

Prace galwanizerskie, szlifierskie i polerownicze G
Prace lakiernicze:
a) zanurzanie, natryskiwanie, suszenie F
b) staranne lakierowanie ręczne i pistoletem, szlifowanie, wykańczanie G
c) bardzo staranne lakierowanie ręczne, wykańczanie (nadwozia samochodów) H

Prace tapicerskie (samochody, wagony kolejowe) G

Kontrola części i wyrobów gotowych

Kontrola wymagająca rozróżniania szczegółów o wymiarach:
a) >10 mm (mało dokładna) F
b) 1—10 mm (średnio dokładna) G
c) 0,2—1 mm (dokładna) H
d) <0,2 mm (bardzo dokładna) I

3.1.9. Przemysł odzieżowy

Wytwórnie ubiorów

Krój, szycie:
a) materiałów jasnych G
b) materiałów ciemnych H

Prasowanie, naprawa odzieży, pranie, czyszczenie na sucho G

1	**A**	2	**B**	5	**C**	10	**D**	20	**E**	50	**F**	100	**G**	200	**H**	500	**I**	1000	**K**	> 1000 lx

Wytwórnie kapeluszy

Farbowanie, formowanie, czyszczenie i odświeżanie:
a) materiałów jasnych F
b) materiałów ciemnych G
Szycie:
a) materiałów jasnych G
b) materiałów ciemnych H

Wytwórnie rękawiczek

Krój, dzianie, szycie, prasowanie, obszywanie i kontrola:
a) materiałów jasnych G
b) materiałów ciemnych H

3.1.10. Przemysł papierniczy

Papiernie

Urządzenia mechaniczne do przygotowywania celulozy i miazgi drzewnej (rębaki, ścieraki), urządzenia do przygotowywania masy papierowej, maszyny do odwadniania i suszenia F
Wykańczanie, kalandrowanie, krajanie G
Sortowanie i kontrola:
a) gorszych gatunków papieru G
b) lepszych gatunków papieru H

3.1.11. Przemysł poligraficzny

Drukarnie

Matrycowanie, odlewanie i różne maszyny pomocnicze F
Prasy i galwanoplastyka G
Linotypy, monotypy, skład ręczny H
Rysowanie litograficzne, grawerowanie, korekta I

Introligatornie

Składanie, klejenie F
Obcinanie, dziurkowanie, zszywanie, wytłaczanie G

3.1.12. Przemysł skórzany

Garbarnie

Moczenie skór w kadziach E
Czyszczenie, garbowanie, napinanie (rozciąganie), krajanie i nasycanie tłuszczem F
Wykończanie (prostowanie, wygładzanie, glansowanie) G

Wytwórnie obuwia

Rozkrój skóry, montaż spodów (przedćwiekarki, ćwiekarki, przeszywaczki, kołkowaczki, frezarki) G
Montaż wierzchów (maszyny do szycia), wykańczanie i kontrola:
a) materiałów jasnych G
b) materiałów ciemnych H

3.1.13. Przemysł spożywczy

Browary, wytwórnie wódek, rozlewnie

Fermentacja, chłodzenie, cedzenie, słodowanie, destylacja E
Mycie i napełnianie beczek F
Butelkowanie (mycie, napełnianie, kontrola) G

Cukrownie

Płuczki, krajalnice, dyfuzory, warniki, prasy F
Wirówki, kostkowanie cukru G

Mleczarnie i serowarnie

Maszyny do przetworów mlecznych, wyrób serów E

Młyny

Oczyszczanie, odsiewanie, prace przy silosach i walcach młyńskich F
Ryflowanie wałków, naprawa sit, prace w laboratorium G

Piekarnie

Wyrób ciasta i pieczenie G

Wyroby cukiernicze

Gotowanie karmelu, prasowanie ziarna kakaowego, maszyny do wyrobu czekolady F
Przygotowanie masy czekoladowej, stoły karmelkarskie i maszyny piekarnicze, pakowanie G

Wyroby konserwowe

Rzeźnie F
Konserwy mięsne, owocowe i warzywne (sortowanie, oczyszczanie, krajanie, gotowanie, mielenie, napełnianie puszek) G

Wyroby tytoniowe

Krajalnice, maszyny do wyrobu i pakowania papierosów, wyrób cygar G
Sortowanie i oczyszczanie liści tytoniu H

3.1.14. Przemysł włókienniczy

Oddział przygotowawczy przędzalni

Skład surowca, magazyn bel D
Otwieranie bel, łamanie i stosowanie E
Rozluźnianie i mierzenie F
Magazyn mieszanek (zasieki) F
Trzepanie F
Zgrzeblenie F
Czesanie:
a) materiałów jasnych F
b) materiałów ciemnych G
Rozciąganie i dwojenie taśm F
Przędzenie przygotowawcze na wrzecioniarkach:
a) materiałów jasnych F
b) materiałów ciemnych G

Przędzalnia

Przędzenie na przędzarkach wózkowych i obrączkowych:
a) bawełny G
b) wełny H

Wykończanie przędzy

Skręcanie na niciarkach G
Przewijanie (cewienie):
a) materiałów jasnych F
b) materiałów ciemnych G
Motanie:
a) materiałów jasnych F
b) materiałów ciemnych G
Mycie i pranie wełny potnej (surowej) G
Mieszanie i wyciąganie wełny wymytej G
Skubanie i rozluźnianie wełny G
Sortowanie wełny H
Równanie włókien wełnianych H
Prasowanie motków E
Układanie motków w skrzynce F
Układanie krzyżówek w skrzynce F

Oddział przygotowawczy tkalni

Skład przędzy:
a) białej E
b) kolorowej G
Cewienie na przewijarkach:
a) materiałów jasnych F
b) materiałów ciemnych G
Snucie na snowarkach:
a) zwyczajnych G
b) szybkobieżnych H
Krochmalenie i nawijanie osnowy na wał F

Tkalnia

Przewlekanie (przetykanie) H
Strojenie (nabieranie) arkad w żakardach E
Wybijanie dziurek w kartach G
Tkanie na krosnach gładkich:
a) bawełny G
b) wełny H
Tkanie na krosnach żakardowskich H

Oddział surówki i czynności uzupełniające tkalni

Przeciąganie, przeglądanie i brakowanie:
a) przy ręcznym przesuwaniu tkaniny H
b) przy mechanicznym przesuwaniu tkaniny J

1	**A**	2	**B**	5	**C**	10	**D**	20	**E**	50	**F**	100	**G**	200	**H**	500	**I**	1000	**K**	> 1000 lx

Wyskubywanie węzełków, oczyszczanie	H
Wypruwanie, wszywanie, cerowanie, naprawianie usterek	H
Mierzenie	G
Składanie w partie do wykończenia	G

Wykończanie na mokro

Opalanie, wypieranie z krochmalu, płukanie, gotowanie, wyżymanie, suszenie	F
Wałkowanie, pilśnienie (foluszowanie)	G
Zbieganie się (kurczenie) tkanin	G
Bielenie i farbowanie	G
Merceryzowanie	F

Wykańczanie na sucho

Postrzyganie, szczotkowanie	H
Drapanie, kędzierzawienie	F
Drukowanie tkanin	H
Rytowanie walców drukarskich	H
Ustalanie przepisowej wilgotności	F
Prasowanie (kalandrowanie) powierzchni tkanin	F

Czynności końcowe

Przeglądanie, naprawianie i brakowanie	H
Mierzenie	G
Zwijanie i składanie, prasowanie	F
Opakowywanie	F
Skład gotowych tkanin	E
Szwalnia	H

3.1.15. Różne pomieszczenia w zakładach przemysłowych

Laboratoria:	
a) wymagające rozróżniania bardzo drobnych szczegółów i odcieni barw	I
b) inne	H
Kreślarnie, rysownie	G
Składy:	
a) dużych przedmiotów i materiałów sypkich	D
b) małych przedmiotów	E
Pakowanie, wydawanie i odbiór:	
a) dużych przedmiotów	E
b) małych przedmiotów	F
Garaże:	
a) postój samochodów	E
b) przegląd, naprawy, mycie	F
Stacje telefoniczne	G
Przedsionki, bramy	D
Schody i korytarze:	
a) o małym ruchu	D
b) o dużym ruchu	E
Dwigi — wnętrze kabiny oraz przestrzeń przed dźwigiem	E
Części pomieszczenia służące do komunikacji (np. przejścia itp.):	
a) przy natężeniu oświetlenia na polu pracy E lub F — co najmniej	D
b) przy natężeniu oświetlenia na polu pracy G — co najmniej	E
c) przy natężeniu oświetlenia na polu pracy H lub I — co najmniej	F
Umywalnie i toalety, szatnie	E
Kuchnie i pomieszczenia pomocnicze:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach, umywalniach, trzonach kuchennych	F
Spiżarnie	E
Jadalnie	F
Czytelnie i świetlice	G
Biura ob. 3.2.13.	

3.2. POMIESZCZENIA NIEPRZEMYSŁOWE

3.2.1. Biblioteki, czytelnie, księgarnie

Czytelnie:	
a) w całym pomieszczeniu	F
b) na stołach	G
c) na półkach z książkami	F
Sale z księgozbiorami:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na półkach z książkami	F
Sale sprzedaży:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach i ladach	F
c) na półkach z książkami	F
Wystawy sklepowe, witryny itp.	G, H

3.2.2. Domy kultury, kluby

Przedsionki	D
Halle wejściowe	E
Schody i korytarze	E
Czytelnie:	
a) w całym pomieszczeniu	F
b) na stołach do czytania i pisania	G
Sale wykładowe:	
a) w całym pomieszczeniu	G
b) na przyrządach pokazowych, tablicach do pisania, tablicach ściennych, mapach itp.	H
Sale balowe, sale zabaw i gier towarzyskich, świetlice	G
Sale teatralne:	
a) podczas przedstawień	A
b) podczas przerw	F
Sale kinowe:	
a) podczas wyświetlania filmów	A
b) podczas przerw	E
Jadalnie	F
Kuchnie i pomieszczenia pomocnicze:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach, umywalniach i trzonach kuchennych	F
Spiżarnie, składy żywności	E
Umywalnie, ustępy	E
Piwnice	C
Kotłownie centralnego ogrzewania	E
Składy opału	D

3.2.3. Domy mieszkalne

Przedsionki, sienie i bramy:	
a) przy ulicach słabo oświetlonych	C
b) przy ulicach dobrze oświetlonych	D
Lista lokatorów i centralne skrzynki do listów	E
Schody, korytarze i przejścia:	
a) wspólnego użytkowania	D
b) w mieszkaniach	E
Piwnice i strychy	C
Pokoje mieszkalne (jadalnie, sypialnie, gabinety pracy, bawialnie, biblioteki i in.), poza pokojami dziecięcymi:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) czytanie i pisanie okolicznościowe (dorośli)	F
c) czytanie i pisanie długotrwałe (dorośli)	G
d) szycie okolicznościowe jasnych materiałów	F
e) szycie długotrwałe materiałów jasnych i okolicznościowe ciemnych materiałów	G
f) szycie długotrwałe ciemnych materiałów, roboty szydełkowe, na drutach, cerowanie	H
Pokoje dziecięce:	
a) w całym pomieszczeniu	F
b) na miejscu uczenia się	G
Kuchnie:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach, trzonach kuchennych, zmywakach	F
Spiżarnie	E
Pralnie wspólnego użytkowania	E
Suszarnie bielizny	D
Magiel	E
Łazienki, natryski i umywalnie	E
Ustępy w mieszkaniach i wspólnego użytkowania	E
Kotłownie centralnego ogrzewania itp.	E
Składy opału	D
Kabiny dźwigów osobowych	E
Garaże	E

3.2.4. Domy towarowe, sklepy

Przedsionki	D
Korytarze i klatki schodowe	E
Sale sprzedaży:	
a) w całym pomieszczeniu	F
b) na wystawionym towarze (gabloty, wystawy wewnętrzne)	G, H, I

1	A	2	B	5	C	10	D	20	E	50	F	100	G	200	H	500	I	1000	K	$>$ 1000 lx

Wystawy uliczne:	
a) przy ulicach słabo oświetlonych	F
b) przy ulicach dobrze oświetlonych	H, I
Kabiny dźwigów:	
a) osobowych, osobowo-towarowych	E
b) towarowych (bez obsługi)	D
Składy:	
a) drobnych przedmiotów i żywności	E
b) dużych przedmiotów	D
Pomieszczenia biurowe ob. 3.2.13.	

3.2.5. Dworce kolejowe, autobusowe i lotnicze

Schody i korytarze:	
a) na dworcach I kategorii	E
b) na dworcach II i III kategorii	D
Hale dworcowe i przejścia główne	E
Poczekalnie:	
a) na dworcach I kategorii	E
b) na dworcach II i III kategorii	E
Restauracje i bufety	E
Umywalnie i ustępy	E
Rozkłady jazdy i tablice informacyjne	F
Miejsca dla publiczności:	
a) przy okienkach biletowych	F
b) przy wydawaniu bagażu	E
Tunele i schody peronowe	E
Pokoje biurowe:	
a) w całym pomieszczeniu	F
b) stoły w biurach kasowych i ruchu	G
c) stoły w biurach tele- i radiokomunikacyjnych	G
Posterunki bileterów	F
Pomieszczenia bagażowe	E
Tunele bagażowe	D
Posterunki blokowe kolejowe:	
a) w całym pomieszczeniu	A
b) urządzenia nastawcze	D
c) telegraf	E

3.2.6. Galerie sztuki, muzea

Przedsionki	D
Halle wejściowe	E
Schody i korytarze	E
Zbiory sztuki:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na obrazach	G
c) na rzeźbach jasnych	F
d) na rzeźbach ciemnych	H
e) w gablotach z drobnymi przedmiotami	H

3.2.7. Hotele, domy wypoczynkowe

Przedsionki i bramy	D
Halle wejściowe	E
Schody i korytarze:	
a) w dzień i wieczorem	E
b) w nocy	C
Pokoje gości i obsługi:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach	G
Sale przyjęć	F
Czytelnie, świetlice i in.	G
Jadalnie	F
Kuchnie i pomieszczenia pomocnicze:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach, trzonach kuchennych, zmywakach	F
Łazienki, umywalnie, natryski i ustępy	E
Spiżarnie i składy żywności	E
Kotłownie centralnego ogrzewania itp.	E
Składy opału	D
Pralnie ręczne i mechaniczne, magle, prasowalnie	E
Suszarnie bielizny	D
Garaże	E
Kabiny dźwigów osobowych	E

3.2.8. Koszary, kasyna wojskowe

Koszary:	
a) sale żołnierskie	E
b) świetlice, sale nauki	F
c) kancelaria	F
d) jadalnie	E
e) kuchnie	E
f) korytarze, schody, sienie	D
g) ustępy, łazienki, umywalnie	D
Kasyna:	
a) sala główna	G
b) jadalnia, bufet, sale klubowe	F
c) szatnia, korytarze, schody	E

3.2.9. Restauracje, bary, gospody, cukiernie

Przedsionki	D
Korytarze i klatki schodowe	E
Szatnie	E
Sala jadalna:	
a) w całym pomieszczeniu	F
b) na bufecie i wystawach	G
Sala taneczna	
a) w całym pomieszczeniu	G
b) na podium dla orkiestry i solistów	G
Kuchnia i pomieszczenia pomocnicze:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach, trzonach kuchennych, zmywakach	F
Spiżarnie, składy produktów żywnościowych	E
Składy opału	D

3.2.10. Szkoły

Wejścia, sienie, schody, szatnie	D
Korytarze	E
Umywalnie, natryski, ustępy	E
Kuchnie, jadalnie	F
Pokoje administracji i nauczycielskie oraz organizacji młodzieżowych, świetlice	G
Sale gimnastyczne, kryte pływalnie itp.	F
Składy pomocy szkolnych	F
Pokój lekarza, dentysty	G
Klasy szkolne (na płaszczyźnie ławek, stołów, tablic do pisania, map i tablic pokazowych itp.)	G
Kreślarnie, sale rysunkowe (na modelach i płaszczyznach stołów)	H
Sale robót ręcznych:	
a) mało dokładnych	G
b) precyzyjnych (na stołach)	H
Laboratoria szkolne	H
Laboratoria badawcze:	
a) wymagające rozróżniania szczegółów bardzo drobnych i odcieni barw	I
b) inne	H
Biblioteki, czytelnie:	
a) na stołach	G
b) na półkach z książkami	F
Warsztaty szkolne ob. 3.1.	

3.2.11. Szpitale, przychodnie lecznicze

Przedsionki i wjazdy	D
Halle wejściowe i poczekalnie dla chorych	E
Pokoje przyjęć dla odwiedzających	E
Schody i korytarze przychodni, schody i korytarze szpitalne:	
a) w dzień i wieczorem	E
b) w nocy	C
Pracownie lekarskie i laboratoria	G
Pokoje przyjęć lekarskich	G
Sale opatrunkowe:	
a) w całym pomieszczeniu	G
b) na stołach i fotelach	H
Sale operacyjne i przygotowawcze:	
a) w całym pomieszczeniu	H
b) na stołach operacyjnych	K
Gabinety dentystyczne:	
a) w całym pomieszczeniu	G
b) w miejscu zabiegu (jama ustna chorego)	I
Sale zabiegów (hydroterapia, masaże i in.)	E
Sale i pokoje chorych i obsługi:	
a) w całym pomieszczeniu wieczorem	E
b) dodatkowo przy zabiegach miejscowo	G
c) w całym pomieszczeniu w nocy	A
Świetlica szpitalna	F
Kaplica	E

1	A	3	B	5	C	10	D	20	E	50	F	100	G	200	H	500	I	1000	K	> 1000 lx

Kostnica	D
Łazienki, natryski, umywalnie i ustępy	E
Kuchnie i pomieszczenia pomocnicze:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach, trzonach kuchennych, zmywakach i in.	F
Spiżarnie i składy żywności	E
Kotłownie centralnego ogrzewania itp.	E
Składy opału	D
Pralnie ręczne i mechaniczne, prasowalnie, magiel	E
Suszarnie bielizny	D
Dźwigi do przewozu chorych i inne osobowe	E
Biura szpitalne ob. 3.2.13.	

3.2.12. Teatry, kina

Sala teatralna:	
a) podczas przerw	F
b) podczas przedstawień	A
Sala kinowa:	
a) podczas przerw	D
b) podczas wyświetlania filmów	A
Foyer:	
a) podczas przerw	G
b) podczas przedstawień	D
Kasy (miejsca przy okienkach)	F
Szatnie	E
Halle, korytarze, schody dla publiczności	E
Ustępy	E
Garderoby artystów	G
Korytarze i schody za kulisami	D
Maszynownia sceniczna i akumulatornia	E
Pulpity dla orkiestry	F
Składy akcesoriów scenicznych i kostiumów	E

3.2.13. Urzędy, biura, banki, pracownie techniczne

Sale i pokoje księgowości, rachunkowości, pisania na maszynach i odręcznie	F
Sale z maszynami biurowymi, rachunkowymi, statystycznymi itp. o napędzie mechanicznym	G
Kreślarnie i rysownie	G
Sale operacyjne bankowe i podobne:	
a) w całym pomieszczeniu (dla publiczności i urzędników)	F
b) przy okienkach dla publiczności	G
c) na stołach pracy	G
Sortowanie poczty	G
Archiwa i kartoteki	G
Skarbiec	F
Korytarze i klatki schodowe	E
Poczekalnie i pokoje przyjęć	E
Gabinety dyrekcji:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach i biurkach	G
Sale posiedzeń:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach konferencyjnych	F
Pokoje referentów	F
Budki telefoniczne	F
Kabiny dźwigów osobowych	E
Ustępy	E

3.2.14. Wagony kolejowe, autobusy, samoloty pasażerskie

Przedziały w wagonach kolejowych osobowych, samolotach pasażerskich i autobusach	F
Korytarze w wagonach osobowych i na samolotach pasażerskich	E
Umywalnie i ustępy	E
Wagony i przedziały pocztowe i bagażowe:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na stołach do pracy	F
Wagony restauracyjne	F

3.2.15. Zajezdnie, hangary, garaże, warsztaty

Zajezdnie autobusów, hangary lotnicze	E
Garaże:	
a) postój wozów	E
b) miejsca przeglądu i czyszczenia	F
Doły remontowe	F
Warsztaty reparacyjne:	
a) w całym pomieszczeniu	E
b) na miejscu pracy	H

3.3. TERENY OTWARTE

3.3.1. Fasady budynków, pomniki (naświetlanie dekoracyjne)

Cegła biała glazurowana:	
a) przy ciemnym otoczeniu	C
b) przy jasnym otoczeniu	E
Marmur biały:	
a) przy ciemnym otoczeniu	D
b) przy jasnym otoczeniu	E
Wyprawa lub kamień jasny, cegła żółta:	
a) przy ciemnym otoczeniu	D
b) przy jasnym otoczeniu	F
Wyprawa lub kamień ciemny (granit), cegła czerwona:	
a) przy ciemnym otoczeniu	E
b) przy jasnym otoczeniu	G
Pomniki z brązu:	
a) przy ciemnym otoczeniu	F
b) przy jasnym otoczeniu	H

3.3.2. Drogi wodne, porty

Nadbrzeża:	
a) o słabym ruchu	B
b) o dużym ruchu	D
Mola:	
a) pasażerskie	E
b) frachtowe	D
Stocznie:	
a) oświetlenie ogólne	D
b) miejsca pracy i drogi	E
Śluzy	C

3.3.3. Podwórza, składy, prace w terenie

Podwórza fabryczne:	
a) o słabym ruchu	B
b) o dużym ruchu	D
Składy:	
a) węgla	B
b) desek	C
Roboty ziemne	C
Kamieniołomy	D
Pola wiertnicze	E
Bagrowanie	D
Ładowanie dużych przedmiotów i ciał sypkich	C

3.3.4. Tereny kolejowe

Place przeddworcowe:	
a) w małych miastach	C
b) w dużych miastach	E
Perony:	
a) otwarte o małym ruchu	C
b) otwarte o dużym ruchu	D
c) półkryte i kryte	E
Tory:	
a) ładownicze	C
b) główne, przelotowe i rozrządowe	B
c) postojowe	A
Przejazdy przez tory (w poziomie)	D
Rampy towarowe:	
a) o słabym ruchu	C
b) o dużym ruchu	D
Przesuwnice, obrotnice, dźwigi ładunkowe	C
Wagi kolejowe	C
Zwrotnice	B
Składy towarowe	C
Składy węgla	B

3.3.5. Tereny sportowe

Place ćwiczeń, bieżnie	E
Boiska:	
a) piłki nożnej, siatkówki	F
b) koszykówki	G
Korty tenisowe	G
Ring bokserski	H
Tory wyścigowe samochodowe i motocyklowe	G
Ślizgawka	D
Lodowiska hokejowe	E
Baseny pływackie	E

1	A	2	B	5	C	10	D	20	E	50	F	100	G	200	H	500	I	1000	K	> 1000 lx

Trybuny:	
a) w czasie gry	C
b) przed grą i po grze	E

3.3.6. Ulice, place

Ulice i place:	
a) o słabym ruchu	B
b) o średnim ruchu	C
c) o dużym ruchu	D
d) o bardzo dużym ruchu i reprezentacyjne	E
Miejsca postoju pojazdów	D
Stacje benzynowe (wysepka z pompą)	E

4. POMIARY NATĘŻENIA OŚWIETLENIA

4.1. Ogólne warunki pomiarów.

Pomiary natężenia oświetlenia wykonywa się bądź w celu sprawdzenia, czy we właściwych dla danego urządzenia oświetleniowego warunkach pracy zostało osiągnięte normalne natężenie oświetlenia, bądź w celu sprawdzenia natężenia oświetlenia w rzeczywistych warunkach pracy.

W przypadku pierwszym powinny być spełnione następujące warunki:

a) źródła światła i oprawy oświetleniowe powinny być czyste i właściwie zawieszone;

b) źródła światła powinny być umieszczone we właściwym położeniu w oprawach oświetleniowych;

c) strumień świetlny źródeł światła przy napięciu znamionowym powinien być w przybliżeniu równy strumieniowi znamionowemu;

d) napięcie na zaciskach oprawy powinno być równe napięciu znamionowemu źródła światła; jeżeli warunek ten nie jest spełniony, należy wprowadzić do wyników pomiaru odpowiednią poprawkę[1];

e) pomiary na terenach otwartych powinny być wykonywane w czasie nocy bezksiężycowych, przy suchej pogodzie, w powietrzu wolnym od dymu i mgły, w czasie bezwietrznym i nie przy śniegu.

W celu stwierdzenia, czy dane urządzenie oświetleniowe zapewni uzyskanie normalnego natężenia oświetlenia w ciągu całego czasu działania, należy do wyników pomiaru wprowadzić współczynnik obniżenia się sprawności oświetlenia (2), jak również uwzględnić występujące w czasie działania urządzenia odchylenia napięcia.

W przypadku drugim pomiar powinien być wykonany w rzeczywiście istniejących warunkach pracy urządzenia oświetleniowego, a więc bez okurzania źródeł światła i opraw, zmiany źródeł światła, wprowadzenia poprawki na odchylenie napięcia itp.

W obydwóch przypadkach obserwator powinien być ustawiony w stosunku do ekranu luksomierza tak, aby nie zasłaniać źródeł światła ani powierzchni odbijających światło, i powinien być ciemno ubrany.

4.2. Wykonanie pomiaru.

Pomiaru dokonywa się za pomocą luksomierza na płaszczyznach i w miejscach określonych w 2.

Jeżeli należy określić średnie natężenie oświetlenia na pewnym polu, to dzielimy pole to na n równych części (np. na pola prostokątne o bokach 0,5 ÷ 2 m zależnie od żądanego stopnia dokładności i od równomierności oświetlenia) i mierzymy natężenie oświetlenia (E_k) w środku każdego pola. Średnie natężenie oświetlenia oblicza się wg wzoru:

$$E_{śr} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{k=n} E_k \qquad (4-1).$$

[1]) Odchylenia napięcia zasilającego od napięcia znamionowego w granicach ± 5% powodują następującą zmianę strumienia świetlnego na każdy procent odchylenia napięcia: dla żarówek ok. 3,4%, dla lamp rtęciowych wysokoprężnych — ok. 3%, dla lamp sodowych — ok. 4%, dla lamp fluoryzujących — ok. 1%.

KONIEC.

1	A	2	B	5	C	10	D	20	E	50	F	100	G	200	H	500	I	1000	K	> 1000 lx

Uwagi do niniejszego projektu należy nadsyłać pod adresem Centralnego Zakładu Elektrotechniki PKN (Warszawa, Al. Stalina 27, m. 31) w terminie do dnia 1 marca 1951 r.

Projekt opracowała XIV Komisja Przyrządów Grzejnych w składzie: F. Ciborowski, J. Cieślewicz, E. Gwarek, L. Koźbiał, O. Klose, Z. Pawłowski, T. Schwartz (przewodniczący), B. Sochor, J. Świrczewski, B. Wdowiak (referent).

Projekt I

POLSKIE NORMY ELEKTROTECHNICZNE PN/E-86003*)

ELEKTRYCZNE PRZYRZĄDY GRZEJNE

NACZYNIA ELEKTRYCZNE

1. POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1. Przedmiot normy stanowią naczynia elektryczne o pojemności znamionowej nie przekraczającej 10 litrów, przeznaczone do gotowania i stosowane w gospodarstwie domowym, jak np. imbryki, garnki, samowary, maszynki do kawy itp. Norma nie dotyczy naczyń elektrycznych przeznaczonych do smażenia i pieczenia, jak np. patelnie, brytfanny itp.

1.2. Określenia są podane w PN/E-50.

1.3. Cechowanie. Na naczyniu elektrycznym muszą być podane w sposób trwały i czytelny następujące dane:

a) nazwa lub znak wytwórni,
b) oznaczenie typu wg katalogu wytwórcy,
c) napięcie znamionowe (V),
d) znamionowy pobór mocy (W),
e) pojemność znamionowa naczynia (l).

1.4. Normy związane: PN/E-50 „Grzejniki elektryczne".

2. WYMAGANIA TECHNICZNE

2.1. Wymagania ogólne są podane w PN/E-50.

2.2. Normalne pojemności znamionowe naczyń elektrycznych są następujące: 0,5 0,75 1,5 2 2,5 3 i 5 litrów. Pojemności naczyń powyżej 5 litrów nie są jeszcze znormalizowane.

U w a g a. W naczyniach elektrycznych zamkniętych, tj. zaopatrzonych w pokrywkę, przez pojemność użytkową należy rozumieć tę największą ilość płynu, która przy wrzeniu nie przelewa się przez brzegi naczynia, ani nie wylewa się przez dziobek.

2.3. Pojemność użytkowa naczynia nie może być mniejsza od pojemności znamionowej.

2.4. Zużycie energii elektrycznej (wyrażone w watogodzinach) na ogrzanie wody o temperaturze 20°C, w ilości równej pojemności znamionowej naczynia, do temperatury 95°C nie może być większe od wartości A obliczonej wg wzoru:

$$A = 110\, q + 10 \quad \text{watogodzin} \qquad (2-1),$$

w którym q oznacza pojemność znamionową naczynia w litrach.

2.5. Czas ogrzewania (wyrażony w minutach) wody o temperaturze 20°C, w ilości równej pojemności znamionowej naczynia, do temperatury 95°C nie może być większy od wartości t obliczonej wg wzoru:

$$t = 7\ (q + 1) \quad \text{minut} \qquad (2\text{—}2),$$

w którym q oznacza pojemność znamionową naczynia w litrach.

2.6. Wnętrze użytkowe. Budowa użytkowego wnętrza naczynia powinna być taka, aby usuwanie zanieczyszczeń, które mogą osadzać się w czasie gotowania, nie nastręczało trudności. Naczynia z elementem nurkowym, przeznaczone do gotowania innych zawartości oprócz wody, muszą być wewnątrz zaopatrzone w specjalne wstawki, chroniące element grzejny przed zanieczyszczeniem.

Powierzchnia użytkowego wnętrza naczynia, stykająca się bezpośrednio z gotowanymi w nim potrawami lub napojami, nie powinna w czasie gotowania wytwarzać związków chemicznych trujących lub szkodliwych dla zdrowia.

W naczyniach wewnątrz pobielanych pobiała użyta do ocynowania powierzchni wnętrza użytkowego powinna zawierać co najmniej 98,5% cyny (Sn) i nie powinna zawierać składników trujących, jak np. ołowiu, cynku, trójwartościowego antymonu. Pobiała powinna być równomiernie rozłożona na powierzchni naczynia, bez dziur i rys, i powinna dobrze przylegać do powierzchni metalu.

W naczyniach wewnątrz emaliowanych emalia powinna być równomiernie rozłożona na powierzchni naczynia, bez pęcherzy i włoskowatych pęknięć, oraz powinna być odporna na uderzenia (3.5.13) i zmiany temperatury (3.5.14).

Lutowania wewnątrz naczyń zaleca się wykonywać za pomocą lutu cynowego o jak najmniejszej zawartości dodatków stopowych; zawartość ołowiu nie może przekraczać 10%.

2.7. Element grzejny naczynia musi być tak umieszczony, aby przy wypełnieniu naczynia wodą do 20% pojemności znamionowej był całkowicie zanurzony w wodzie lub miał z nią styk pośrednio przez ściankę naczynia na całej swej powierzchni.

2.8. Ucha lub trzonki. Naczynie elektryczne musi być zaopatrzone co najmniej w jedno dostatecznie wytrzymałe i dobrze przymocowane ucho lub trzonek. Pożądane jest, aby ucha lub trzonki były wykonane z materiału izolacyjnego pod względem elektrycznym lub były pokryte zewnątrz izolacją.

3. BADANIA I PRÓBY

3.1. Próba typu naczyń elektrycznych polega na wykonaniu następujących badań i prób w podanej kolejności:

a) oględziny i sprawdzenie wymiarów (3.5.1),
b) próba bezpieczeństwa dotyku (3.5.2),
c) próba sprawności (3.5.3),
d) próba przeciążalności (3.5.5),
e) próba wytrzymałości elektrycznej (3.5.7),
f) próba odporności na wilgoć (3.5.8),
g) próba nagrzewania (3.5.9),
h) próba trwałości *) (3.5.10),
i) próba wnętrza użytkowego na wydzielanie się trujących lub szkodliwych dla zdrowia związków chemicznych w czasie gotowania potraw lub napojów (2.6),
j) próba odporności emalii na uderzenia **) (3.5.11),
k) próba odporności emalii na zmiany temperatury *) (3.5.12),
m) próba wytrzymałości mechanicznej (3.5.13),
n) próba niewywrotności (3.5.14),
o) próba na przegrzanie (3.5.15),

przy czym próbę b) należy wykonać dwukrotnie — po próbie a) i po próbie o), a próbę e) trzykrotnie — po próbie d) oraz przed próbą i po próbie f). Ponadto w czasie próby c) należy sprawdzić pobór mocy (3.5.4), a w czasie próby d) wykonać próbę izolacyjności (3.5.6). Próba i) powinna być wykonana przez Państwowy Zakład Higieny.

3.2. Próba wyrobu polega na wykonaniu następujących badań i prób:

a) oględziny, bez sprawdzenia wymiarów (3.5.1),
b) sprawdzenie poboru mocy (3.5.3),
c) próba wytrzymałości elektrycznej (3.5.7),

przy czym próbie c) należy poddać jednorazowo naczynie w stanie zimnym.

3.3. Liczność próbki.

3.3.1. P r ó b a t y p u. Do próby typu należy pobrać sposobem losowym 4 naczynia jednego typu o tych samych danych znamionowych, przy czym dwa z nich poddaje się próbie, a pozostałe dwa służą do ewentualnego powtórzenia próby (4.1).

3.3.2. P r ó b a w y r o b u. Próbie wyrobu poddaje się każde naczynie.

3.4. Ogólne warunki wykonywania badań i prób są podane w PN/E-50.

3.5. Opis badań i prób.

3.5.1. O g l ę d z i n y i s p r a w d z e n i e w y m i a r ó w wykonuje się wg PN/E-50, z uwzględnieniem również wymagań 2.3, 2.6, 2.7, 2.8.

3.5.2. P r ó b a b e z p i e c z e ń s t w a d o t y k u. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50.

3.5.3. P r ó b a s p r a w n o ś c i polega na sprawdzeniu zużycia energii i czasu ogrzewania.

Naczynia o temperaturze otoczenia należy napełnić wodą o temperaturze około 20°C w ilości równej pojemności znamionowej naczynia i grzać ją przy napięciu znamionowym póty, póki przyrost temperatury nie wyniesie 75°C. Bezpośrednio po tym należy zmierzyć pobór mocy (3.5.4), a następnie wyłączyć napięcie zasilające, wylać wodę gorącą, nalać zimnej (ok. 20°C) i podgrzać znowu o 75°C. Podczas grzania naczynie powinno być zakryte, a temperatura powinna być zmierzona w pobliżu środka ciężkości grzanej wody. Przy obu kolejnych grzaniach należy mierzyć zużycie energii (2.4), a przy pierwszym grzaniu również czas ogrzewania (2.5). Jako zużycie energii przyjmuje się wartość średnią z obu pomiarów.

3.5.4. S p r a w d z e n i e p o b o r u m o c y. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50 podczas próby sprawności (3.5.3).

3.5.5. P r ó b a p r z e c i ą ż a l n o ś c i. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50, przy czym każde kolejne grzanie ma trwać póty, póki nie odparuje 75% wody, nie dłużej jednak niż 1 godzinę, a próbę izolacyjności (3.5.6) należy wykonać w czasie pierwszego i ostatniego grzania.

Przed każdym grzaniem należy napełnić naczynie wodą w ilości równej jego pojemności znamionowej, a bezpośrednio po ukończonym grzaniu wylać wodę gorącą, wlać zimną (20±5°C), ostudzić ją do temperatury otoczenia i rozpocząć grzanie na nowo.

3.5.6. P r ó b a i z o l a c y j n o ś c i. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50, przy czym pomiary prądu upływowego należy wykonywać podczas pierwszego i ostatniego grzania przy próbie przeciążalności (3.5.5). W każdym z tych okresów pomiar ma być wykonywany co minutę w ciągu

---

*) Tylko w przypadku naczyń z samoczynnym wyłączaniem.
**) Tylko w przypadku naczyń emaliowanych.

pierwszych i ostatnich dziesięciu minut, a w pozostałym czasie co pięć minut.

3.5.7. Próba wytrzymałości elektrycznej. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50.

3.5.8. Próba odporności na wilgoć. Najpierw należy wykonać próbę wg PN/E-50 (tylko próba w higrostacie), przy czym czas nawilgocenia naczynia ma wynosić 72 godziny, po czym badane naczynie należy poddać następującej próbie.

Niezakryte i napełnione po brzegi wodą naczynie należy ustawić w wannie wypełnionej wodą do 2 mm głębokości. Powierzchnia dna wanny ma być płaska i ma wynosić co najmniej 35 dcm². Następnie należy włączyć naczynie na napięcie znamionowe i grzać póty, póki kipiąca woda nie przestanie przelewać się przez brzegi naczynia. Bezpośrednio po tym należy wykonać próbę wytrzymałości elektrycznej (3.5.7).

3.5.9. Próba nagrzewania. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50 przyjmując za stan normalnej pracy naczynia stan osiągnięty po 30 minutach wrzenia w nim wody w ilości równej pojemności znamionowej naczynia, przy czym w miarę odparowywania wody dolewa się odpowiednią ilość wrzątku.

3.5.10. Próba trwałości obowiązuje tylko w przypadku badania naczyń z samoczynnym wyłączaniem. Próbę wykonuje się wg PN/E-50.

3.5.11. Próba odporności emalii na uderzenia. Na emaliowaną powierzchnię wnętrza użytkowego naczynia, ustawionego na warstwie piasku o grubości co najmniej 5 cm, należy dwukrotnie upuścić w kierunku prostopadłym do badanej powierzchni kulę stalową o ciężarze 180 G — raz z wysokości 50 cm, a drugi raz z wysokości 75 cm.

Przy wysokości spadania 50 cm nie powinno nastąpić żadne uszkodzenie emalii, przy wysokości spadania 75 cm może nastąpić uszkodzenie tylko w miejscu uderzenia kuli.

3.5.12. Próba odporności emalii na zmiany temperatury. Naczynie emaliowane należy ogrzać (np. w termostacie) do 200°C, a następnie ochłodzić raptownie przez wlanie doń wody o temperaturze 15 ÷ 20°C.

Po próbie tej na powierzchni emalii nie powinny ukazać się odpryśnięcia ani większe pęknięcia emalii — dopuszczalne są co najwyżej włoskowate pęknięcia.

3.5.13. Próba wytrzymałości mechanicznej. Próbę tę wykonuje się wg PN/E-50.

3.5.14. Próba niewywrotności. Naczynie napełnione wodą w ilości równej jego pojemności znamionowej i ustawione na poziomej płaszczyźnie należy obciążyć statycznie siłą skierowaną poziomo, przyłożoną do górnej krawędzi naczynia w punkcie najmniej korzystnym ze względu na rozstawienie nóżek i równą wartości P obliczonej wg wzoru:

$$P = 0{,}27 \cdot q \quad \text{kilogramów} \qquad (3—1),$$

w którym q oznacza pojemność znamionową naczynia w litrach.

Pod działaniem tej siły naczynie nie powinno się przewrócić.

3.5.15. Próba na przegrzanie. Puste naczynie należy ustawić na desce drewnianej i włączyć na napięcie o 5% wyższe od znamionowego na przeciąg 30 minut. Podczas próby nie może nastąpić zwarcie elementu grzejnego z obudową, jak również ani żadna część grzejnika, ani deska, na której jest ustawione naczynie, nie może się zapalić; natomiast element grzejny może ulec przepaleniu się. Po wystudzeniu naczynia do temperatury otoczenia należy sprawdzić stan izolacji elementu grzejnego przez wykonanie próby bezpieczeństwa dotyku (3.5.2) przy napięciu znamionowym.

4. OCENA BADAŃ I PRÓB

4.1. Próba typu. Wynik próby typu uważa się za dodatni, jeżeli badane dwa naczynia przejdą z wynikiem dodatnim badania i próby podane w 3.1.

Jeżeli obydwa zbadane naczynia nie wytrzymają którejkolwiek z prób, nawet każde innej, wynik próby typu uważa się za ujemny.

Jeżeli tylko jedno z badanych naczyń nie wytrzyma którejkolwiek z prób, powtarza się próbę typu na dwu pozostałych naczyniach (3.3) i w tym przypadku wynik próby typu uważa się za dodatni, jeżeli oba zbadane naczynia przejdą z wynikiem dodatnim wszystkie badania i próby podane w 3.1.

4.2. Próba wyrobu. Każde naczynie, które nie wytrzyma któregokolwiek z badań i prób podanych w 3.2, zostaje odrzucone.

KONIEC.

Wyciąg z listy ostatnio wydanych norm polskich

1. Elektrotechnika.

PN/E-04500 Próba odbiorcza ocynkowania sprzętu sieci trakcyjnej. Cena 120 zł (brosz.).

2. Budownictwo.

PN/B-30001 Cement portlandzki 350. Warunki techniczne. Cena 80 zł (2 ark.).

3. Hutnictwo i odlewnictwo.

PN/H-04205 Analiza żelazo-stopów. Żelazo-fosfór. Cena 40 zł.

4. Części maszyn.

PN/M-02108 Tolerancje gwintów metrycznych drobnozwojowych. Szereg C. Cena 40 zł.

PN/M-02109 Tolerancje gwintów metrycznych drobnozwojowych. Szereg D. Cena 40 zł.

PN/M-02110 Tolerancje gwintów metrycznych drobnozwojowych. Szereg E. Cena 40 zł.

PN/M-02111 Tolerancje gwintów metrycznych drobnozwojowych. Szereg F. Cena 40 zł.

Wyciąg z listy ostatnich projektów polskich norm*)

PN/H-87050 Brąz. Klasyfikacja. (Wiad. PKN, 1950, z 9; 1. 1. 1951).

PN/H-88026 Stopy aluminium do przeróbki plastycznej. Klasyfikacja. (Wiad. PKN, 1950, z. 9; 1. 1. 1951).

*) W nawiasie podano numer zeszytu „Wiadomości PKN", w którym projekt normy jest ogłoszony, i termin, do którego należy nadsyłać uwagi i sprzeciwy pod adresem: Polski Komitet Normalizacyjny (Warszawa, Nowy Świat 1).

BIULETYN GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Rok IV — nr 26 Warszawa, Al. Niepodległości 222 Listopad 1950 r.

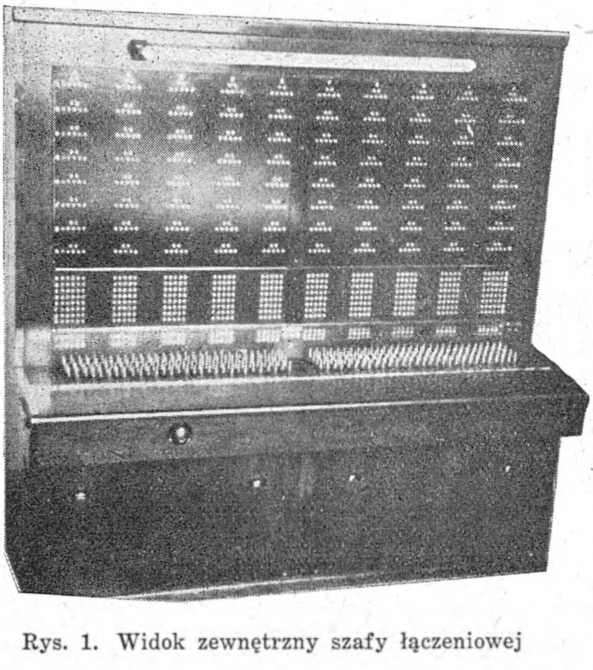
Zakład Wielkich Mocy

ANALIZATOR SIECIOWY PRĄDU STAŁEGO

Spostrzeżenia z rocznej praktyki eksploatacyjnej

W Głównym Instytucie Elektrotechniki w Warszawie prowadzone są, już od roku, obliczenia za pomocą analizatora sieciowego prądu stałego. Projekt analizatora wykonano w GIEl, a jego poszczególne części w warsztatach państwowych i uspołecznionych. Analizator ten był traktowany jako prototyp[1]) urządzeń tego rodzaju, ocena bowiem przydatności analizatora, pomimo jego wielkiej prostoty, wymaga dłuższej praktyki pomiarowej. Dziś można stwierdzić, po rocznej pracy, że analizator zdał całkowicie egzamin i jest pewnym, niezawodnym i dokładnym narzędziem, niezbędnym przy obliczeniach elektrycznych.

Dominującą jego cechą jest prostota zarówno budowy, jak i manipulacji przy pomiarach, prostota posunięta do tego stopnia, że układ badany można narysować kredką na tablicy pomiarowej analizatora i wypisać przy poszczególnych węzłach[2]) nazwy stacji elektrycznych, tak że pomiaru prądu zwarciowego i prądów rozpływowych, np. w Rożnowie, można dokonać przez włączenie wtyczki amperomierza zwarciowego w gniazdko oznaczone napisem



Rys. 1. Widok zewnętrzny szafy łączeniowej

„Rożnów", a wtyczki amperomierza rozpływowego w gniazdka oznaczone nazwami miejscowości, które nas w tym wypadku interesują. Ponadto odpowiedni dobór oporu jednostkowego analizatora[3]) i napięcia jego szyn zbiorczych pozwala odczytywać wskazania mierników wprost w mocy zwarciowej, a wycechowanie oporników w procentach pozwala wykorzystać wszystkie zalety metody jednostek względnych.

Zasadniczymi elektrycznymi elementami analizatora są oporności regulowane i źródło prądu stałego. Liczba i wartości oporności decydują o przydatności analizatora do różnego rodzaju obliczeń: analizator przeznaczony do obliczeń zwarciowych ma najmniej zróżnicowane oporniki.

Pod względem konstrukcyjnym analizator można podzielić na następujące części składowe:

1) łącznicę (rys. 1 i 2), w której z kolei można wyodrębnić:

a) część łączeniową złożoną z wielogniazdkowych węzłów i umożliwiającą połączenie oporników wg schematu badanego układu;

b) część pomiarową, umożliwiającą przeprowadzenie pomiaru prądu i napięcia w dowolnym punkcie schematu;

2) szafę zawierającą oporniki, regulowane (rys. 3);

3) źródło prądu stałego;

4) przyrządy pomiarowe.

Opisywany typ analizatora nadaje się zwłaszcza do długotrwałych studiów nad jednym układem, w odróżnieniu od innego anazalizatora prądu stałego Zakładu Wielkich Mocy GIEl-u, przeznaczonego do pomiarów seryjnych. Doświadczenia uzyskane z pracy na nim będą w swoim czasie opublikowane.

Zakład Wielkich Mocy GIEl wykonał za pomocą swojego analizatora szereg ekspertyz o następującej tematyce:

a) obliczenia prądów zwarciowych przy zwarciach symetrycznych,

b) obliczenia prądów zwarciowych przy zwarciach niesymetrycznych,

c) obliczenia rozpływu prądów w sieciach trakcji dalekobieżnej,

d) obliczenia rozpływu prądów w sieci odsyłowej trakcji miejskiej.

Obecnie są w toku próby obliczania rozpływu prądów i spadków napięcia oraz próby obliczania zwarć w sieciach prądu zmiennego z uwzględnieniem oporności czynnych i biernych.

Stosunkowo najmniej pracy, z punktu widzenia manipulacji przy pomiarach, wymaga obliczanie prądu w miejscu zwarcia i rozpływu prądu zwarciowego w przypadku zwarcia trójfazowego w sieci nawet bardzo rozgałęzionej. Zwiększenie liczby węzłów sieci, przedłużające w olbrzymim stopniu obliczenia rachunkowe, jest przy stosowaniu analizatora kwestią dołączenia kilku oporników i doregulowania ich do odpowiedniej wartości, co trwa parę minut i nie wymaga przeliczeń, zwłaszcza gdy oporniki analizatora są wyskalowane w procentach. Między innymi wykonano takie obliczenie dla układu o około 50 punktach zasilających, 80 punktach rozgałęzienia (w tym 40 węzłów), przy czym zwarcia zrobiono w 50 punktach układu i zmierzono rozpływ prądu zwarciowego przy każdym zwarciu (przeciętnie w 10 gałęziach sieci na jedno zwarcie).

Nakład pracy, którego wymagały obliczenia na analizatorze przy tym bądź co bądź dużym układzie, bardzo nieznacznie wzrósł w stosunku do pracy niezbędnej przy układach o wiele mniej rozbudowanych, a już zupełnie niedostrzegalnie w stosunku do pracy wkładanej w przygotowania do pomiarów, a więc w zbieranie danych o elementach układu, obliczanie oporności równoważnych itd. (Należy podkreślić, że przy obliczeniach bez użycia analizatora czas poświęcony na przygotowania jest bardzo mały w stosunku do czasu trwania samych obliczeń).

Jeśli się zważy, że odczytanie wskazań mierników, które trwa kilka minut, zastępuje żmudne, tygodniami trwające zwijanie i rozwijanie sieci, przy którym popełnienie omyłki jest bardzo łatwe, a które trzeba dokonać dla każdego miejsca zwarcia, to widać jak wielką oszczędność czasu i żmudnej, nieciekawej pracy uzyskujemy stosując analizator w tego rodzaju zagadnieniach. Gdyby do Instytutu przychodziły zlecenia na wykonanie obliczeń prądów zwarciowych z załączoną dokumentacją układów badanych, to wykonanie obliczeń (z uwzględnieniem spływu mocy zwarciowych) nie trwałoby nigdy dłużej niż 1 tydzień.

Obliczanie zwarć niesymetrycznych jest nieco dłuższe, gdyż — jak wiadomo z teorii składowych symetrycznych —

---

[1]) Jednocześnie z analizatorem zainstalowanym w GIEl zostały wykonane dwa analizatory o takim samym układzie, lecz o mniejszej liczbie węzłów — jeden dla Politechniki Warszawskiej, drugi dla Politechniki Łódzkiej.

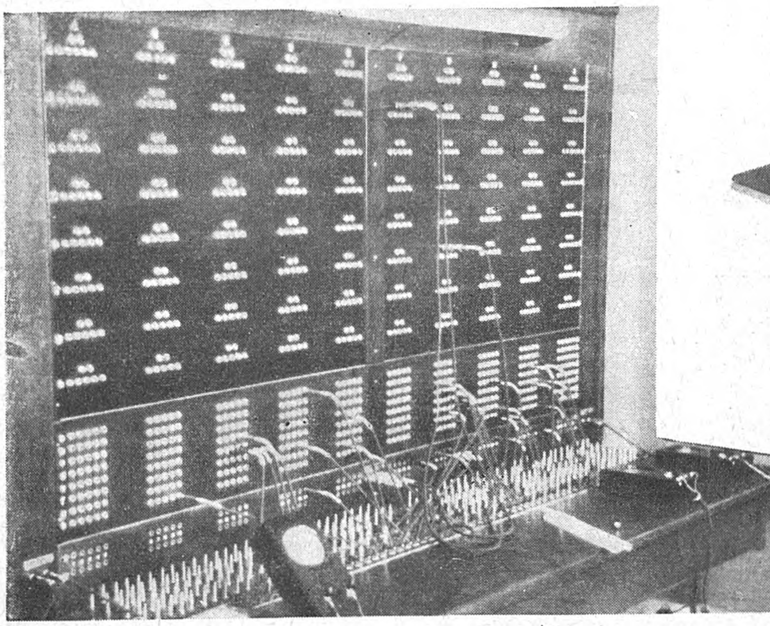
[2]) Węzeł jest to grupa dwu- i jedno biegunowych gniazd wtyczkowych zwartych ze sobą jednym biegunem.

[3]) Oporem jednostkowym jest liczba omów oznaczona na oporniku „100%".

wymagają one zestawienia na analizatorze trzech sieci: sieci złożonej z oporności elementów dla układu składowej zgodnej, sieci złożonej z oporności dla składowej przeciwnej oraz sieci złożonej z oporności dla składowej zerowej. Jeżeli sieci nie są zbyt rozbudowane i możliwości analizatora pozwolą na to (liczba węzłów i oporników), to pomiary można wykonać w jednocześnie zmontowanych i odpowiednio do rodzaju zwarcia połączonych trzech układach. Pozwala to na bezpośredni pomiar prądu zwarciowego. W przypadku bardzo rozbudowanych układów zestawia się oddzielnie sieci poszczególnych składowych i wykonywa pomiary współczynników rozpływu dla każdej z nich.

Przy obliczeniach rozpływu należy zwrócić uwagę na grupę połączeń transformatorów, ponieważ przy przejściu przez transformatory o grupie połączeń innej niż Yy występują przesunięcia w fazie składowych prądu zgodnej i przeciwnej.

Obliczanie rozpływu w sieciach prądu stałego wymaga również zestawienia w analizatorze układu oporności według schematu badanej sieci. Odbiory są najczęściej podawane w postaci prądów. Wymaga to przyłączenia w miejscach odbiorów dowolnych (lepiej: oszacowanych z grubsza) oporności, a następnie stosowania regulacji cyklicznej tych oporności, tak aby przez nie płynęły żądane

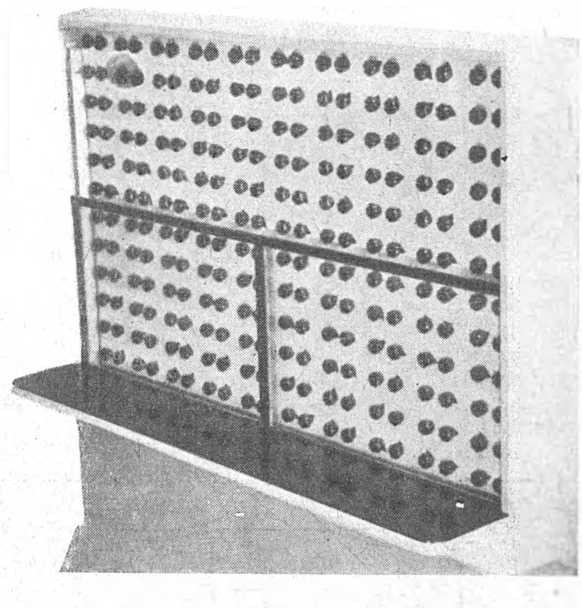


Rys. 2. Część łączeniowa ze zmontowanym układem badanym i rozstawionymi przyrządami pomiarowymi

prądy. Regulacja cykliczna odbiorów polega na regulowaniu w pewnej określonej kolejności oporników odwzorowujących odbiory, przy czym reguluje się każdy opornik (do takiej wartości, by płynął przez niego żądany prąd) nie zwracając uwagi na prądy w pozostałych opornikach. Po takim wyregulowaniu wszystkich oporników (jeden cykl regulacyjny) należy regulować od początku oporniki w tej samej kolejności i ponawiać cykle póty, póki prądy płynące przez wszystkie oporniki nie będą miały żądanych wartości. Jeśli regulujemy oporniki od największej ich wartości, to w pierwszym cyklu należy doregulować je do prądu o około 10% większego od żądanego. Ponieważ regulacja opornika (reprezentującego dany odbiór) wpływa nie tylko na wartość prądu płynącego przez ten opornik, ale również — wskutek zmiany spadków napięcia — na inne prądy odbierane, należy tak dobierać przeciętny stosunek oporności posobnych (gałęzie sieci) do oporności obocznych (odbiory), aby wpływ ten był możliwie mały. Bywa to wtedy, kiedy stosunek oporności obocznych do oporności posobnych jest duży. Warunek ten osiąga się przez wybór innych mocy podstawowych dla oporności posobnych (duża moc), a innych dla oporności obocznych (mała moc). Tak dobrane opory umożliwiają otrzymanie żądanych prądów odbieranych po mniej więcej trzech cyklach regulacyjnych.

Zagadnienie rozpływu w sieciach prądu zmiennego, w których pomijamy oporności oboczne linii i transformatorów, można również rozwiązywać za pomocą analizatora prądu stałego. Rozwiązywanie rozpływu w takich sieciach jest jednak bardziej skomplikowane niż w przypadku sieci prądu stałego. Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów należy zadane prądy odbierane i zasilające rozłożyć na składowe podłużne i poprzeczne w stosunku do przyjętego kierunku podstawowego (najczęściej kierunek wektora napięcia w wybranym punkcie sieci), wspólnego dla całej sieci. Następnie odwzorowywujemy na analizatorze dwa schematy sieci — schemat prądów podłużnych i schemat prądów poprzecznych.

Sieci prądu zmiennego, w których stosunek oporności czynnej do biernej jest stały dla wszystkich gałęzi $\left(\frac{X}{R} = \operatorname{tg}\alpha = \text{const.}\right)$[1], posiadają tę szczególną własność, że spadki napięcia wywołane prądami podłużnymi są w fazie w każ-



Rys. 3. Widok zewnętrzny szafy opornikowej

dej gałęzi sieci i w kwadraturze ze spadkami napięcia wywołanymi prądami poprzecznymi. Własność ta pozwala odwzorować badaną sieć za pomocą dwóch schematów zestawionych na analizatorze, przy czym spadki napięć w każdym z nich są zależne jedynie od prądów danego schematu.

W przypadku ogólnym, tj. dla sieci, w których $\frac{X}{R} = \operatorname{tg}\alpha \neq$ const., spadki napięcia w schemacie prądów podłużnych są zależne również od prądów poprzecznych i odwrotnie:

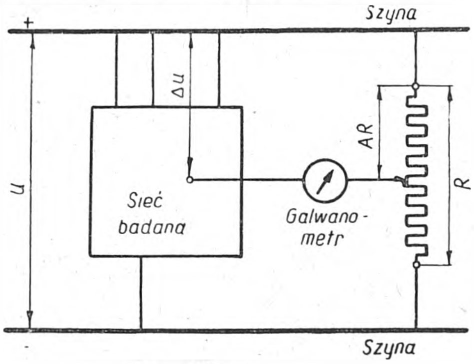
$$\left.\begin{aligned} \Delta u &= \Delta u_d + j\Delta u_q; \\ \Delta u_d &= i_d R - i_q X = i_d\left(R - \frac{i_q}{i_d}X\right); \\ \Delta u_q &= i_q R + i_d X = i_q\left(R + \frac{i_d}{i_q}X\right). \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

W takich przypadkach musimy stosować metodę kolejnych przybliżeń, polegającą na założeniu a priori stosunków prądu podłużnego do poprzecznego w każdej gałęzi i na korygowaniu tych stosunków przez pomiar na analizatorze; przy tym wartości zmierzone w jednej próbie są za-

[1]) Np. sieci, w których występują tylko oporności czynne gałęzi, lub sieci kablowe o jednym napięciu znamionowym, dla których $\operatorname{tg}\alpha \approx$ const.

łożeniami do próby następnej. Metoda ta podana przez Hahna jest w swym założeniu prosta, nie daje jednak często dobrych wyników. Stwierdzono mianowicie na podstawie pomiarów wykonanych w Zakładzie, że korygowane stosunki $\frac{i_d}{i_q}$ tworzą ciągi nie zawsze zbieżne.

Określenie warunków zbieżności w ogólnym przypadku jest zagadnieniem bardzo trudnym. Zagadnienie to, cie-



$\frac{\Delta u}{U} = \frac{\Delta R}{R} = A$

Rys. 4. Ideowy schemat pomiaru napięcia metodą kompensacyjną

kawe z teoretycznego punktu widzenia, zostało opracowane dla bardzo prostego przypadku przy pomocy teorii funkcji iterowanych.

Wykonane prace pozwoliły również wyodrębnić pewne szczególne przypadki konfiguracji sieci (np. sieć o jednym zamkniętym pierścieniu), w których rozpływ prądów można rozwiązać bez uciekania się do metody Hahna.

Metodę Hahna można stosować również w przypadku obliczania zwarć, jednak z tymi samymi zastrzeżeniami,

2) nieciągłość regulacji oporników,

3) zmiany w układzie odwzorowywanym, spowodowane włączaniem mierników,

4) opory przejścia w gniazdach wtyczkowych.

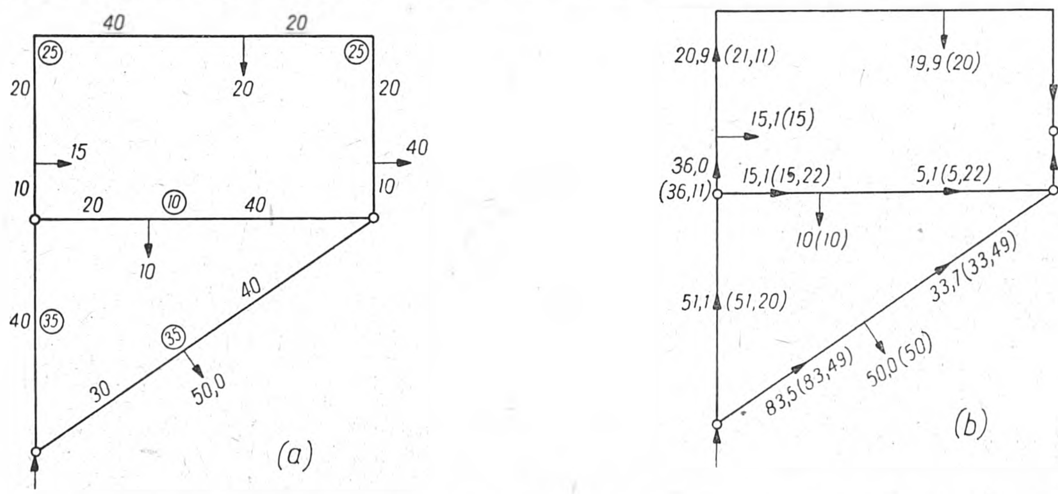
Jedynym skutecznym sposobem walki z uchybami (z wyjątkiem poz. 2) jest zwiększenie jednostkowego oporu analizatora oraz zwiększenie napięcia szyn analizatora, z czym związane jest przejście do pomiaru spadków napięcia przyrządem o bardzo dużym (≈333,3 Ω/V) oporze wewnętrznym lub metodą kompensacyjną (GIEl zastosował u siebie prosty i tani przyrząd oparty na metodzie kompensacyjnej; rys. 4 przedstawia jego schemat ideowy). Niestety, powiększenie oporu jednostkowego i napięcia (równoważne wzrostowi obciążalności oporników), jak również zmniejszenie stopnia regulacyjnego oporników jest kosztowne i nie można iść w tym kierunku zbyt daleko.

Wpływ wszystkich wymienionych źródeł uchybów na wynik obliczeń jest zależny od konfiguracji sieci i wartości oporów jej gałęzi; nie można go więc scharakteryzować jedną liczbą.

Dla lepszego oświetlenia sprawy podane są na rys. 5 wyniki pomiarów oraz wyniki rozwiązania analitycznego dla przykładu sieci dwuwęzłowej, zaczerpniętego z Podręcznika Inżyniera Elektryka — Sieci Elektryczne, prof. Konczykowski (tom II, zesz. 1, str. 25).

Jak widać z załączonego przykładu, dokładność wyników uzyskanych za pomocą analizatora jest bardzo dobra (zwłaszcza jeśli się zważy, że wybrany przykład przedstawia rozpływ prądów obciążeniowych i że na dokładności wyniku pomiarów odbijają się niedokładności wyregulowania prądów pobieranych); przy obliczaniu zwarć wyniki są bardziej dokładne. Zwiększenie dokładności analizatora jest łatwe, jednakże — ze względu na błędy wynikające ze stosowania uproszczonych metod obliczania prądów zwarciowych — byłoby to zupełnie niecelowe.

Zwiększenie dokładności omawianego analizatora można uzyskać praktycznie tylko przez zwiększenie czułości regulacji, ponieważ oporniki są wykonane z największą dokładnością, jaką można było osiągnąć bez powiększania ceny



Rys. 5. Porównanie wyników otrzymanych za pomocą analizatora z wynikami obliczonymi analitycznie

Rys. 5 a — schemat układu

OZNACZENIA

Liczby w kółkach — przekrój przewodu
Liczby nad odcinkami sieci — odległości
Liczby przy strzałkach — prądy pobierane

Rys. 5 b — wyniki obliczeń

OZNACZENIA

Liczby nad odcinkami sieci w nawiasach — prądy rozpływu obliczone analitycznie
Liczby nad odcinkami bez nawiasów — prądy rozpływu zmierzone

co przy rozpływach obciążeń. Zagadnienie to ma specjalne znaczenie nie tyle ze względu na obliczanie prądów zwarciowych (w stosowanych metodach obliczeniowych nie uwzględnia się oporności czynnej), ile ze względu na obliczanie oporu zastępczego skomplikowanego układu oporów pozornych, co może być dużą pomocą przy obliczaniach sieci.

Wyniki obliczeń, dokonanych za pomocą analizatora jako pewnego rodzaju przyrządu pomiarowego (a właściwie jako elektrycznej maszyny do liczenia), są obarczone uchybami. Istnieją cztery zasadnicze źródła uchybów:

1) niedokładność wykonania oporników analizatora i aparatury pomiarowej,

oporników (0,1%). W innym analizatorze (który będzie służył również do prac badawczych nie związanych z obliczaniem sieci elektrycznych) oporniki zbudowano w taki sposób, że w razie potrzeby można będzie włączyć posobnie z każdym opornikiem opornik jednostopniowy i uzyskać bądź powiększenie zakresu opornika (do trzech razy), bądź zmniejszenie najmniejszego stopnia regulacyjnego (do czterech razy).

Zakład Wielkich Mocy przygotowuje pracę zbiorową, która znacznie szerzej omówi zagadnienia zaledwie poruszone w niniejszej notatce.

St. B. i A. Pr.

Zakład Wysokich Napięć

ODGROMNIKI ZAWOROWE

Po wojnie, w 1945 r., Zakłady Wytwórcze Aparatów Wysokiego Napięcia im. Dymitrowa wznowiły produkcję odgromników zaworowych, którą oparto na dokumentacji przedwojennej. Po krótkim czasie eksploatacji tych odgromników okazało się, że własności gaszące tych odgromników są niewystarczające. Często zdarzało się, że odgromniki działały przy przepięciach wewnętrznych (przy tym ulegały przebiciu słupy zmienno-oporowe), nie gasiły prądu następczego, a nawet eksplodowały. Stąd w sieciach obserwowało się częste wyłączenia, a w wielu przypadkach ponadto mechaniczne uszkodzenia stacji przez eksplodujące odgromniki. Przeprowadzone w GIElu próby tych odgromników potwierdziły ich wady, a zwłaszcza: 1) zbyt małą obciążalność udarową (poniżej 1 kA — 25 (μs), 2) zbyt małą moc gaszącą iskierników (w wielu przypadkach wartość prądu następczego przekraczała wartość prądu, który mógł być zgaszony przez iskierniki), 3) nie zawsze dostateczną szczelność (co przede wszystkim wpływa na obniżenie się statycznego napięcia zapłonu). Ten stan był spowodowany przede wszystkim brakiem opracowanej pod względem naukowym dokumentacji technicznej oraz przypadkowością materiałów używanych do produkcji odgromników.

Dla każdego z tych działów ustalono (odpowiednio do przytoczonych wyżej wymagań) program prób kwalifikujących jakość badanych elementów:

A) Dla płytek zmienno-oporowych wykonywano:

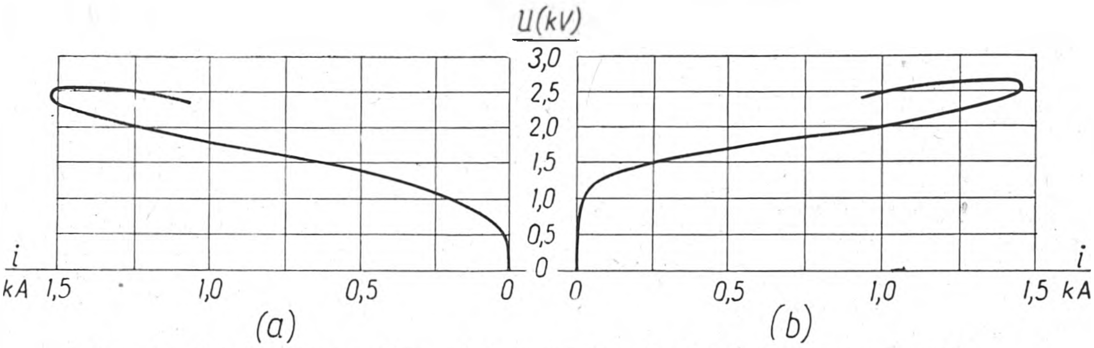
1. sprawdzenie obciążalności udarowej i wytrzymałości powierzchniowej płytek;
2. zdjęcie (przy pomocy rejestracji fotograficznej) pętlic napięciowo-prądowych w zakresie prądów wyładowczych oraz w zakresie prądów następczych (przy niskiej częstotliwości);
3. sprawdzenie obciążalności granicznej;
4. sprawdzenie niezmienności wyżej wymienionych własności w czasie i w zakresie temperatur atmosferycznych (zwłaszcza mrozu).

B) Dla iskierników wykonywano:

1. pomiar statycznego napięcia zapłonu,
2. pomiar statycznego napięcia wyładowań świetlących,
3. fotograficzną rejestrację charakterystyk udarowych,
4. pomiar mocy gaszącej,
5. pomiar obciążalności granicznej.

C) Dla obudowy i pozostałych elementów:

1. pomiar wytrzymałości mechanicznej na ciśnienie wewnętrzne,
2. próbę napięciową,
3. próbę szczelności.



Rys. 1. Oscylogramy pętlic napięciowo-prądowych płytek zmienno-oporowych:

a) featytowej
b) opracowanej przez GIEl i CBSiKAWN

W początku 1949 r. Główny Instytut Elektrotechniki łącznie z Centralnym Biurem Studiów i Konstrukcji Aparatów Wysokiego Napięcia rozpoczął prace badawcze nad stworzeniem prototypów odgromników zaworowych, odpowiadających daleko idącym wymaganiom energetyki.

Ustalono następujące zasadnicze wymagania dla odgromników:

1) Obciążalność udarowa odgromników ma wynosić co najmniej 1,5 kA — 25 μs odgromniki na wyższe napięcia powinny mieć większą obciążalność udarową (do 10 kA).

2) Napięcie obniżone U_{ob} oraz udarowe napięcie zapłonu U_u winny być niższe od poziomu ochronnego; ustalono, iż poziom ochronny ma wynosić 4,2 U_n + 10 kV, gdzie U_n — napięcie znamionowe.

3) Probiercze napięcie gaszenia U_g (najmniejsze napięcie, przy którym odgromniki mają w sposób niezawodny przerywać prąd następczy) winno wynosić $1{,}3U_n$.

(Iloraz wartości omawianych w p. 2 i 3 jest miarą stosunku ochrony, który charakteryzuje własności płytek i dla którego wymagania są następujące:

$$\frac{U_{ob}}{U_g} < \frac{4{,}2\,U_n + 10}{\sqrt{2}\cdot 1{,}3\,U_n} = 2{,}28 + \frac{5{,}4}{U_n}.$$

Stąd wynika, iż płytki, dla których stosunek ochrony jest mniejszy od 2,3, nadają się dla wszelkich napięć znamionowych).

4) Statyczne napięcie zapłonu winno wynosić co najmniej 2 U_n.

Opracowanie poszczególnych serii prototypów podzielono na 3 działy:

A) płytki zmienno-oporowe,

B) iskierniki (gaszące i odcinające),

C) obudowa, okucia i pozostałe części konstrukcyjne.

Na podstawie teoretycznych rozważań oraz wstępnych prób ustalono, iż na własności odgromników mają wpływ przede wszystkim następujące czynniki:

A) dla płytek:

1. skład chemiczny i struktura fizyczna surowców (rodzaj i ziarnistość karborundu, składniki lepiszcza),
2. sposób przyrządzania masy do prasowania,
3. sposób prasowania,
4. sposób suszenia,
5. sposób metalizowania powierzchni czynnych,
6. sposób lakierowania powierzchni bocznych,
7. wymiary i kształt płytek.

B) dla iskierników:

1. materiał stosowany na iskierniki,
2. materiał stosowany na przekładki izolacyjne,
3. kształt,
4. wymiary,
5. obudowa iskierników.

C) dla obudowy i pozostałych elementów:

1. wymiary i kształt porcelany,
2. wymiary i kształt okuć,
3. sposób montażu odgromników.

Po zmontowaniu układów i przeprowadzeniu prób wstępnych przystąpiono do szczegółowych badań.

Płytki zmienno-oporowe do badań preparowano częściowo w ZWAWN, częściowo w GIElu, iskierniki wykonywały warsztaty GIElu.

Od chwili rozpoczęcia badań do chwili obecnej spreparowano około 1100 płytek zmienno-oporowych o różnym składzie chemicznym i różnej technologii wykonania. Ze względu na niezwykle zawiłą grę parametrów, wpływających na własności odgromników, prace powyższe były bardzo żmudne.

Podczas badań płytek obserwowano na oscylografie szybkopiszącym około 15 000 pętlic napięciowo-prądowych oraz około 500 przebiegów napięciowych i prądowych na oscylografie pętlicowym. Wykonano ponad 1000 zdjęć oscylograficznych.

W rezultacie tych długich i trudnych prac otrzymano wyniki pozytywne. Na rys. 1 oscylogram *a* przedstawia pętlicę napięciowo-prądową płytki z dawnych odgromników ZWAWN, wykonanej z „featytu", oscylogram *b* — płytki spreparowanej w GIElu.

Z oscylogramów tych wynika, iż stosunek ochrony płytki featytowej wynosi ponad 3, nowej zaś nieznocznie przekracza 2. Obciążalność udarowa płytek featytowych wahała się w granicach 0,5—1 kA, płytek zaś nowych znacznie przekracza 1,5 kA. Wyzyskanie materiału można przedstawić za pomocą wartości szczytowej mocy przypadającej na 1 cm^3, którą otrzymujemy przez pomnożenie znamionowego prądu wyładowczego, przypadającego na 1 cm^2 powierzchni, przez napięcie obniżone, przypadające na 1 cm wysokości słupa. Dla płytek featytowych moc szczytowa wynosi około 18 kW/cm^3, dla nowych około 120 kW/cm^3. Pozwoli to na konstruowanie odgromników o znacznie większej obciążalności udarowej przy jednoczesnym zmniejszeniu ich wysokości.

Zbadano szczegółowo 10 zasadniczych konstrukcji iskierników gaszących oraz wiele odmian tych zasadniczych konstrukcji. W rezultacie tych badań opracowano konstrukcję iskierników o mocy gaszącej około 30 kVA na 1 przerwę.

Obudowę opracowano dla odgromników na 3—15 kV w myśl nowoczesnych założeń; umożliwi ona zarówno mocowanie odgromników na konstrukcji, jak i ich zawieszenie. Konstrukcja odgromnika wyłącza możliwość eksplozji nawet przy uderzeniach pioruna w bezpośredniej bliskości odgromnika.

Dalsze szczegóły opisanej pracy będą podane w specjalnej publikacji.

J. B.

Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych

PROJEKT LABORATORIUM MASZYN ELEKTRYCZNYCH

Projektowanie laboratoriów w ogóle, a laboratoriów, mających za zadanie wszechstronne badanie maszyn elektrycznych w szczególności, nie jest zadaniem łatwym. Dobry projekt laboratorium maszyn elektrycznych zależy przede wszystkim od trafności ujęcia samych założeń projektu. Problem ten jest obecnie rozwiązywany w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych GIEl-u.

Grupa opracowująca założenia musi rozważyć szereg nieraz sprzecznych ze sobą przesłanek i wybrać najwłaściwsze rozwiązanie. Dlatego to założenia winny być opracowywane przez kilka osób, gdyż tylko dzięki szczegółowej i rzeczowej dyskusji daje się wypośrodkować najwłaściwsze rozwiązanie.

Podstawą do opracowania założeń są: program produkcyjny przemysłu, normy i przepisy badań, program prac naukowo-badawczych wykonywanych przez Zakład, oraz względy ekonomiczne, transportowe itp. Szczególnie względy ekonomiczne będą nieraz decydująco wpływały na założenia i tym samym na projekt techniczny. Jasne jest, że nie będzie miało żadnego uzasadnienia wybudowanie w GIEl-u stanowiska dla niezupełnego nawet badania prądnicy turbinowej, powiedzmy, mocy 25 MVA, nawet przy produkcji, która uzasadniałaby jego celowość. Stanowisko takie powinno być w takim przypadku zbudowane w laboratorium fabrycznym i na tym stanowisku powinny być przeprowadzone wszystkie możliwe i konieczne próby. Przy małej liczbie produkowanych jednostek może okazać się rzeczą niecelową wybudowanie stanowiska w probierni fabrycznej i próby w takim przypadku powinny odbywać się w terenie, na miejscu zainstalowania. Podany przykład jest może zbyt jaskrawy, ale taki właśnie pozwala uwypuklić względy ekonomiczne i trudności transportowe.

Laboratorium Zakładu Maszyn i Napędów Elektrycznych powinno obsłużyć w dziedzinie prac naukowo-badawczych możliwie duży program produkcyjny krajowych fabryk maszyn elektrycznych. Stanowiska i pola próbne powinny być tak zaprojektowane, aby istniało ich gospodarcze uzasadnienie. Od razu widać więc brak celowości budowy w Zakładzie Maszyn i Napędów Elektrycznych stanowisk dla maszyn dużych powyżej 1000 kW. Liczba prób, które będą dokonywane na prototypach tych maszyn, nie uzasadnia budowy stanowisk w GIElu. Stanowiska takie powinny się znaleźć w laboratorium fabrycznym, gdyż muszą tam istnieć przynajmniej stanowiska do prób kontrolnych i łatwiej już stanowisko takie rozbudować do wymagań, stawianych przez próby typu.

Laboratorium Zakładu Maszyn i Napędów Elektrycznych powinno być możliwie wszechstronnie zaprojektowane dla badania maszyn o mocy do 500 kW. Górna granica mocy, którą podano, ma swoje uzasadnienie w ilości produkowanych maszyn, w stosunkowo łatwym transporcie tych maszyn do GIElu, w możliwości badania szeregu układów napędowych, których liczba w tych granicach jest duża. Badania układów napędowych — o mocach rzędu kilku tysięcy kW — mogą w takim przypadku odbywać się na modelach, w dziesięciokrotnym zmniejszeniu pod względem mocy.

Określenie i ustalenie górnej granicy mocy jest zaledwie drobną cząstką zagadnienia. Laboratorium musi być przygotowane na wykonywanie dużej liczby prób prototypów, różniących się nie tylko mocą, ale napięciem i obrotami. A takie trzy zmienne parametry, szczególnie napięcie i obroty, niezmiernie komplikują całe wyposażenie i park maszynowy laboratorium. Laboratorium musi więc być przystosowane do badania maszyn o mocy do 500 kW i na napięcia od 220 V do 6000 V prądu zmiennego oraz od 110 V do 750 V prądu stałego. Laboratorium musi być wyposażone w źródła prądu i w urządzenia hamownicze, które pozwalałyby na zwracanie przepływającej przez badaną maszynę energii napowrót do sieci. Urządzenia takie winny istnieć zarówno ze względów ekonomicznych, jak i z uwagi na trudności dławienia tak dużych mocy. Wreszcie park maszynowy i zaprojektowane urządzenia powinny być rentowne. Błędem byłoby zainstalowanie urządzenia, które już w samym założeniu miałoby pracować nie częściej niż, powiedzmy, raz do roku. Park maszynowy powinien być w możliwie dużym stopniu wyzyskany. Naturalnie, nie powinno być w tym przesady i nie należy projektować tak, aby w zaprojektowanym laboratorium trzeba było czekać tygodniami na możliwość przeprowadzenia badania. Takie przesadne wyzyskanie urządzeń może przynieść tylko straty, a nie korzyść gospodarczą.

Wszystkie wyżej wymienione względy brane są pod uwagę przez opracowujących założenia projektu. Należy jednak pamiętać, że wysoki poziom tych założeń będzie ostatecznie osiągnięty dopiero po gruntownym przeanalizowaniu ich przy współudziale najwybitniejszych fachowców w tej dziedzinie — krajowych, a nawet zagranicznych.

W. M.

BIBLIOGRAFIA CZASOPISM ELEKTROTECHNICZNYCH

w opracowaniu

GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

Nr 4 463-588 1950

Gospodarka energetyczna

463 620.9.(4):620.9(494)
Die Schweiz in der europäischen Energiewirtschaft. Aeschimann Ch. — Zagadnienia związane z udziałem Szwajcarii w gospodarce energetycznej Europy Zachodniej ze szczególnym uwzględnieniem elektroenergetyki. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 8, str. 316—318. A. B.

Kotły i silniki cieplne

464 621 175+621.187.1:621.311 22
Opriedielienje potier kotłowoj wody i prisosa syroj wody w kondensatorach po dannym chimiczeskogo analiza. Alimarin S. M., Bulutin A. A. — Chemiczna metoda określania ilości wody chłodzącej wessanej przez kondensator. Metoda określania strat wody w kotle na podstawie pomiarów zawartości Na OH. Dokładność metod. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 18—19, 1 poz. bibl. B. J.

465 621.182.94:621.311.22
Izuczenje swojstw topliwnych szłakow pri żydkom szłakoudalienji. Bursjan T. W., Załkind I. Ja., Sokołow B. M. — Rezultaty badań własności chemicznych i fizycznych popiołu i żużla z węgla kizelowskiego. Analiza danych charakterystycznych żużla (skład chemiczny, temperatura topnienia, charakterystyka lepkości) w zależności od miejsca osadzania się w komorze paleniskowej. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 1, str. 8—12, 5 wykr., 2 tabl., 1 poz. bibl. B. J.

466 621 185:621.311.22
Montaż i pusk kotła MP 150/35. Ponomariew S. N. — Dane techniczne, schemat, montaż i uruchomienie kotła MP 150 t/godz; 35 at, typu La Monta. — Electr. Stanc., 1948, t. 19, nr 6, str. 31—34, 7 rys. B. J.

467 621 185 001 7:621.311.22
Wybor optimalnych charaktieristik montażnogo błoka kotłoagriegata. Zajdel W. A. — Blokowy system montażu zespołów kotłowych. Racionalne wykorzystanie dźwigów. Koszty montażu i straty. Skrócenia czasu montażu. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 6, str. 18—26, 6 wykr., 5 tabl., 4 poz. bibl. B. J.

468 621.185.5:691 3:621.311.22
Razwalcowka trub kotłow wysokogo dawlenja. Wołownik L. W., Rogowin N. A — Skład chemiczny i własności mechaniczne rur kotłów wysokiego ciśnienia, 100 at. Obróbka technologiczna rur ekranu i przegrzewacza pary przy montażu. Kontrola szczelności umocowanych rur. Normy. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 6—9, 5 rys., 5 tabl., 3 poz. bibl. B. J.

469 621.185.5:691.3:621.311.22
Ognieupornyje massy dla monolitnoj futierowki parowych kotłow. Riwkin Ja. Z. — Własności fizyczne i chemiczne betonów ogniotrwałych. Zalety betonów w porównaniu z innymi materiałami ogniotrwałymi. Zastosowanie. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4. str. 9—11, 2 wykr., 2 tabl., 2 poz. bibl. B. J.

470 621 187 132:621.311 22
O racjonalnom reżymie dawlenja pitatielnoj wody na elektrostancjach. Manujłow P. N. — Samoczynna regulacja zasilania kotłów przy zastosowaniu regulatorów 2-impulsowych, bez specjalnych regulatorów ciśnienia wody. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4, str. 5—6, 1 wykr., 1 poz. bibl. B. J.

471 621.187.2:620 191.2:621 311.22
Ammiacznyj sposob konserwacji (zaszczyty ot korrozji) kotłow, nachodiaszczychsja w rezerwie. Bielan F. I. — Wady „mokrej" i „suchej" metody zabezpieczenia kotłów przed korozją. Metoda amoniakalna. Warunki bezpieczeństwa. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 30—31, 1 rys., 1 wykr. B. J.

472 621.187.2:620.191.2:621.311.22
Zaszczyta kotielnogo oborudowanja ot stojanocznoj korrozji. Mamet A. P. — Proces korozji w nie pracującym urządzeniu kotłowym. Sposoby zabezpieczenia przed korozją urządzeń kotłowych w zależności od długości postoju. Roztwory ochronne. Metoda amoniakalna ochrony przegrzewacza pary. Zabezpieczenie przed korozją turbin w czasie postoju. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 27—29. B. J.

Ogólne podstawy elektrotechniki

473 621 3 012.3:621 3 014
Formule et abaque pour la détermination des courants admissibles dans les barres, tubes et profilés en aluminium et alliages d'aluminium. Chapoulie P. — Wzór na obliczenie dopuszczalnego natężenia prądu w przekrojach aluminiowych i stopów aluminiowych. Wartości współczynników liczbowych, zależnych od warunków zewnętrznych. Wykres nomograficzny, wiążący przekrój, obwód, współczynnik K i wartość natężenia dopuszczalnego. Sposób użycia wykresu. — Rev. Gén. Électr., 1950, t. 59, nr 3, str. 114—116, 2 wykr. A. M.

474 621.3 014.3:621 3 08
Raznowidnost' tiechniczeskogo wypełnienia rasczotow tokow korotkogo zamykanja. Kriwozub D. S., Myczník A. Ja. — Nowy, uproszczony sposób przeprowadzania obliczeń prądów zwarciowych. Przykład obliczenia. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 66—68, 3 rys., 2 tabl. B. J.

Gospodarka elektryfikacyjna

475 621.311.1
Analiz awarijnosti w odnoj iz eniergieticzeskich systiem. Siłonow N. I. — Statystyka ilości zakłóceń w jednym z układów energetycznych. Statystyka i analiza wypadków uszkodzeń w poszczególnych częściach elektrowni, rozdzielniach i sieciach elektrycznych. Wpływ pory roku na ilość uszkodzeń. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 3, str. 12—15, 9 tabl. B. J.

476 621.311.1:620 9·657.472(470)
Chozjaistwiennyj rasczot w eniergietikie. Romanow N. N. — Zagadnienie ekonomii materiałów i środków wytwórczych w gospodarce socjalistycznej. Postanowienia Rady Ministrów ZSRR dotyczące gospodarki przedsiębiorstw. Obliczenie na gospodarność w energetyce. Fundusz dyrektorski i sposób jego rozdziału. Zmniejszenie kosztów własnych produkowanej energii. Koszty produkcji poszczególnych elektrowni radzieckich. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 6—12, 4 wykr., 5 tabl. B. J.

477 621.311.(4)
Bestrebungen für die Zusammenarbeit in der europäischen Elektrizitätswirtschaft. Etienne E. H. — Krótki rys rozwoju elektryfikacji w Szwajcarii i niektórych innych państwach, współpraca energetyki szwajcarskiej z zagranicą. Sytuacja energetyczna po drugiej wojnie światowej w Europie Zachodniej. Cel i zakres działalności Komitetu do spraw energii elektrycznej ONZ. Cel i zakres działalności Komitetu elektrycznego Organizacji Wspólnoty Europejskiej (OFCE). Obecne tendencje rozwoju elektroenergetyki w Europie Zachodniej. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, str. 305—312, 2 rys., 1 wykr. A. B.

478 621.311.161(4)
Die Mitwirkung der Schweiz im internationalen Verbundbetrieb. Hochreutiner R. — Działalność między-

narodowych organizacji na polu elektroenergetyki. Udział szwajcarskiej elektrotechniki w odnowieniu współpracy z towarzystwami zagranicznymi. Żądanie stawiane współpracy z zagranicą przez Szwajcarię. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 8, str. 312—316, 3 fot., 1 wykr. A. B.

Elektrownie wodne

479 621.311.22:624.13.621.311.17.001.7
Gidromiechanizacja zjemlanych rabot na stroitielstwie elektrostancji. Dierikoczma G. I., Rogowin N. A. — Opis i analiza robót ziemnych przy budowie Stalingorskiej elektrowni wodnej, wykonanych sposobem hydromechanicznym: 1) przygotowanie pól popiołowych i wykonanie grobli, 2) odbudowa kanału długości 7,2 km, 3) wykonanie wykopów pod fundamenty, 4) niwelacje terenu — transport hydromechaniczny ziemi na odległość 750 m. Wytyczne dalszego rozwoju hydromechanizacji robót ziemnych. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 3, str. 5—11, 6 rys., 1 wykr., 1 poz. bibl. B. J.

Elektrownie cieplne

480 621.311.2:657.478
Opyt wniedrienja wnutristancjonnogo chozrasczota. Kalinin G. A. — Uproszczony sposób obliczeń gospodarczych w poszczególnych działach elektrowni. Kalkulacja kosztów własnych, analiza i rezultaty działalności gospodarczej poszczególnych działów. Struktura Elektrowni Kaszyrskiej. Podział funduszu dyrektorskiego. Zmniejszenie kosztów własnych jako rezultat wprowadzenia obliczeń gospodarczych do poszczególnych działów elektrowni. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 19—23, 3 tabl. B. J.

481 621.311.2:657.478
Mietodika analiza sjebiestoimosti elektriczeskoj i tiepłowoj eniergji na elektrostancjach. Moskowskij F. A. — Sposób analizy kosztów własnych energii elektrycznej i cieplnej w elektrowniach na podstawie kalkulacji. Wskaźniki techniczne i ekonomiczne produkcji. Tabele analityczne kosztów własnych energii. Podział na koszty stałe i zmienne. Odchylenia kosztów własnych rzeczywistych od zaplanowanych. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 13—19, 2 tabl. B. J.

482 621.311.22:621.165-155
Niekotoryje osobiennosti konstrukcji i montaża importnych turbin. Słuczajew M. A. — Opis konstrukcji turbin promieniowych f-my „Siemens" i „Man". Konstrukcja regulatorów f-my „Siemens". Wskazówki praktyczne przy montażu. — Elektr. Stanc., t. 19, nr 2, str. 10—13, 6 rys. B. J.

483 621.311.22:621.182.9.622.324
Opyt raboty kotielnoj elektrostancji na prirodnom gazje. Goriełow A. F. — Dostosowanie kotłów ogrzewanych mazutem do ogrzewania gazem ziemnym. Przewody gazowe. Palniki. Regulacja ogrzewania kotłów. Sposoby zapewnienia bezpieczeństwa obsłudze. Wnioski z dotychczasowej eksploatacji. — Elektr. Stanc, 1948, t. 19, str. 23—26, 4 rys., 1 wykr. B. J.

484 621.311 22:621.185+621.165:621.187.2
Primienienje tiechnołogiczeskich kart pri montaże tiepłomiechaniczeskogo oborudowanja. Bernsztejn A. A., Gabrijełow W. M. — Sposób prowadzenia kart montażowych przy montażu zespołów kotłowych i turbin: objaśnienia, schematy montażowe, ocena i obliczenie norm pracy, urządzenia pomocnicze, przyjmowanie i oddawanie prac, kontrola. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 6, str. 27—30, 3 rys. B. J.

485 621.311.22:621.313.322-81:621-217
Rasczot fundamientow pod turbogienieratory. Makariczew W. W. — Rezultaty badań obciążenia fundamentów turboprądnic 1500 i 3000 obr./min. Przeprowadzone pomiary pozwalają na zmniejszenie w obliczeniach fundamentów obciążeń poziomych w porównaniu z obowiązującymi normami radzieckimi. Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 1, str. 29—32, à wykr., 1 tabl. B. J.

486 621.311.22:624.016.5
Opyt primienienja karkasno-niesuszczej armatury w żelezobietonnych konstrukcjach. Dierikoczma G. I., Rogowin N. A. — Metoda szybkościowa budowy konstrukcji żelbetowych elektrowni parowych przy zastosowaniu kratownic nośnych. Rozbudowa kotłowni powyższym sposobem. Zalety ekonomiczne i techniczne metody. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 6, str. 12—17, 1 fot., 6 rys., 1 tabl. B. J.

487 621.311.22:658.23
Niekotoryje woprosy organizacji stroitielnoj płoszczadki tiepłowoj elektrostancji. Grobokopatiel S. B. — Wytyczne organizacji budowy elektrowni parowej. Budowa głównego korpusu. Podział prac. Plan organizacyjny terenu budowy. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 6, str. 6—11, 3 rys. B. J.

488 621.311.22.017(470)
Stalingradskaja gres w borbie za rientabielnost'. Estulin L. M. — Główne przyczyny wysokich strat w Elektrowni Stalingradzkiej w 1945 r. Walka o zmniejszenie kosztów własnych energii na polu technicznym i organizacyjnym i jej rezultaty. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 24—26, 3 wykr. B. J.

Maszyny elektryczne

589 621.313 01
Moderne Methoden zur Behandlung niechtstationärer Vorgänge in elektrischen Maschinen. Laible Th. — Najważniejsze metody badania przebiegów nieustalonych w maszynach elektrycznych: rachunek macierzy, przekształcenie Laplace'a przy problemach liniowych, liczbowe i mechaniczne metody całkowania przy problemach nieliniowych. Podstawy teoretyczne powyższych metod. Klasyfikacja i przykłady zagadnień: zwarcia, zagadnienie równowagi, rozruch silników asynchronicznych. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 14, str. 525—536, 1 rys., 3 wykr., 42 poz. bibl. A. B.

490 621.313.017.73
Primienienje mietoda analogii dla wybora elektrodwigatiela po nagriewu pri pieriemiennoj nagruzkie. Rinkiewicz S. A. — Dotychczasowa metoda wyznaczania krzywej nagrzewania silników. Analogia pomiędzy procesami cieplnymi w maszynach elektrycznych i procesami elektrycznymi w obwodach prądu zmiennego. Metoda analogii polegająca na zastosowaniu teorii szeregów Fouriera do badania procesów cieplnych. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 20—25, 6 rys. B. J.

491 621.313.048:621.3.035.63
Primienienje nowogo sposoba suszki elektriczeskich maszyn. Lebiediew B. P. — Metoda suszenia izolacji maszyn elektrycznych ciepłem, powstałym w żelazie stojana, przy przepływie prądu przez wał wirnika. Rezultaty zastosowania tej metody do suszenia izolacji silników synchronicznych 4500 kVA f-my „Elektrosiła". — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 25—26, 3 wykr., 2 poz. bibl. B. J.

492 621.313.2.012:621.3.016.3
Uczot nieliniejnosti reakcji jakoria pri postrojenji charaktieristik maszyn postojannogo toka. Dimitradze A. S. — Wykreślenie charakterystyk maszyny prądu stałego z charakterystyki obciążenia, metodą trójkąta charakterystycznego z uwzględnieniem rozmagnesowującego wpływu reakcji twornika. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 52—54, 3 wykr., 7 poz. bibl. B. J.

493 621.313.2.014.3
Korotkoje zamykanje gienieratorow postojannogo toka. Jermolin N. P. — Metody: ogólne i przybliżone obliczenia zwarć w prądnicach prądu stałego z uwzględnieniem nieliniowości charakterystyk magnesowania, zmiany rozproszenia, reakcji twornika, indukcyjności obwodu twornika i prądów wirowych w masywnych częściach maszyny. Analiza wpływu parametrów prądnicy na czas wzrastania i wielkość amplitudy prądu. Przykłady liczbowe i dane doświadczalne. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 26—32, 1 rys., 4 ywkr., 8 poz. bibl. B. J.

494 621.313 2.013.4
Ekspierimientalnyje issledowanja processa kommutacji elektriczeskich maszyn postojannogo toka na modeli. Karasjew M. F. — Niezgodność klasycznej teorii komutacji z praktyką. Urządzenie do badania procesów komu-

tacji. Wyniki badań i analiza wpływu indukcyjności uzwojenia, wielkości prądu obciążenia i szybkości wirowania komutatora na przebieg komutacji. Jonizacja przejścia. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 37—42, 1 fot., 9 rys., 5 wykr., 6 poz. bibl. B. J.

495 621.313.2.014.3:621.3.045.3
Wniezapnoje korotkoje zamykanje w gienieratorach postojannogo toka s triema obmotkami wozbużdienja. Połtawa Ł. I. — Zwarcie prądnicy prądu stałego z trzema uzwojeniami wzbudzającymi: bocznikowym własnym, szeregowym i bocznikowym obcym. Równania stanu przejściowego. Obliczenie maksymalnej wartości prądu zwarciowego. Porównanie wyników analitycznych i doświadczalnych. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 71—73, 1 rys., 1 wykr. B. J.

496 621.313.223.012
Regulirowocznyje charaktieristiki szuntowogo dwigatiela postojannogo toka. Połtawa Ł. I. — Zmiany strumienia magnetycznego i charakterystyki regulacyjne silnika bocznikowego prądu stałego przy pracy z obciążeniem o momencie M = cn². — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 55—56, 2 wykr. B. J.

497 621.313 323:621.317.331
Opriedielenje swierchpieriechodnych rieaktansow sjinchronnych maszyn stacjonarnym mietodom biez powarota rotora. Mamikonian L. G. — Dwie metody pomiaru oporności przejściowych wstępnych maszyn synchronicznych: z obrotem i bez obrotu wirnika. Wyniki pomiarów oporności przejściowych wstępnych, kilku turboprądnic. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 32—33. B. J.

498 621.313 323.043.3-81
Asjinchronnyj reżym turbogienieratorow s cjilindriczeskim rotorom posle potieri wozbużdienja. Syromiatnikow I. A. — Praca turboprądnicy z wirnikiem cylindrycznym bez wzbudzenia. Moc, opór wirnika, moment obrotowy, prąd stojana. Rezultaty badań doświadczalnych pracy turboprądnic przy braku wzbudzenia. Zwiększenie dopuszczalnego okresu pracy turboprądnic bez wzbudzenia w porównaniu z dotychczasowymi danymi. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4, str. 12—19, 1 rys., 2 wykr., 3 tabl., 3 poz. bibl. B. J.

499 621.313.33.025.1:621.3.013.23
Primienienje tieorii wraszczajuszczichsja polej k analizu asjinchronnoj maszyny s odnofaznym statorom i rotorom. Swiridienko P. A. — Analiza pracy maszyny asynchronicznej z jednofazowym wirnikiem i stojanem przy zastosowaniu teorii pól wirujących. Schemat zastępczy. Oscylogramy prądów, napięć i mocy. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 67—70, 6 rys., 1 wykr., 5 poz. bibl. B. J.

500 621.313.333-573:529.7
Opriedielenje wriemieni razbiega asjinchronnogo korotkozamknutogo elektrodwigatiela s proizwolnoj nagruzkoj na wału. Klimow A. A. — Metoda określenia czasu rozbiegu zwartego silnika asynchronicznego przy dowolnym obciążeniu na wale, wykorzystująca wykres kołowy silnika. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 73—74, 1 rys. B. J.

501 621.313 333.016.1
Sniatje kriwych momientow wraszczenja asinchronnych dwigatielej. Woldek A. I. — Metoda doświadczalnego wyznaczania charakterystyki momentów obrotowych silników asynchronicznych dla biegu silnikowego i hamulcowego. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 47—48, 1 rys., 1 wykr., 1 poz. bibl. B. J.

502 621.313 333.025.1-181.4:621.3 041.1
Nomograficzeskij mietod postrojenja raboczych charaktieristik odnofaznych asjinchronnych mikrodwigatielej s rasszczeplonnoj fazoj. Czeczet Ju. S. — Sposób obliczenia charakterystyk obciążenia małych jednofazowych silników asynchronicznych z fazą rozruchową na podstawie pomiarów biegu luzem i stanu zwarcia. Straty w silnikach. Nomogramy. Straty w żelazie przy eliptycznym polu wirującym. — Elektriczestwo, 1950, nr 7, str. 43—54, 4 rys., 4 wykr. B. J.

503 621.313.3:621.3.013.23:621.3.017.3
Eisenverluste im elliptischen Drehfeld. Ben Uri J. — Matematyczne ujęcie strat w żelazie w zmiennym polu eliptycznym. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 16, str. 604—607., 6 wykr., 12 poz. bibl. A. B.

Wzmacniacze

504 621.314.12.08
Ein einfacher Gleichstrom-Messverstärker für Betriebsmessungen. Blamberg E. — Opis konstrukcji, zakres pracy, dyskusja dokładności pomiaru i źródeł błędów, stopień wzmocnienia wzmacniacza na prąd stały, którego zasada działania opiera się na metodzie kompensacyjnej Lindeck-Rothe'go. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 17, str. 634—638, 1 fot., 5 rys. A. B.

Transformatory elektryczne

505 621.314.2.012.4+621 3.017
Izmierienje potier chołostogo choda sjiłowych transformatorow. Aszriatow A. K. — Dwie metody pomiaru strat biegu jałowego transformatorów energetycznych: a) przy doprowadzeniu napięcia znamionowego do jednego z uzwojeń transformatora, b) przy małym nasyceniu rdzenia transformatora. Zalety nowej metody (b) przy pomiarach strat transformatorów dużej mocy i przy pomiarach w warunkach eksploatacji. Wyniki pomiarów strat jałowych kilkunastu transformatorów różnych typów. — Elektr. Stanc, 1948, nr 5, str. 34—36, 1 wykr., 3 tabl., 1 poz. bibl. B. J.

506 621 314.2.048
Profiłakticzeskije ispytanja izolacji krupnych sjiłowych transformatorow. Kałantorow A. W. — Pomiar oporności izolacji transformatorów. Zależność cieplnego współczynnika oporności od temperatury. Pomiary współczynnika stratności dielektrycznej i prądu upływu izolacji transformatorów i ich zależność od temperatury. Normy oceny stanu izolacji. Ocena stanu izolacji przez pomiar pojemności w różnych temperaturach. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 3, str. 27—35, 8 wykr., 3 tabl., 7 poz. bibl. B. J.

507 621.314.21.015.33
Une année d'essais au choc sur les transformateurs de distribution. Langlois-Berthelot, Renaudin D., Neuve-Eglise J., Kohn S. — Wstęp — znaczenie badań udarowych transformatorów. Opis generatorów udarowych, stosowanych do badań. Zachowanie się transformatora przy próbach napięciem o częstotliwości 50 c/s. Zachowanie się transformatora przy próbach napięciem udarowym. Wyniki badań udarowych. Analiza oscylogramów. Zagadnienia specjalne, związane z badaniami udarowymi. — Bull. Soc. Franç. Electr., 1950, t. X, nr 102, str. 141—164, 12 fot., 10 rys., 1 wykr., 13 poz. bibl. A. M.

508 621.314.212:621.316 9
Nouveau dispositif de protection des transformateurs par réservoir déformable. Josse H. — Wstęp — skutki dostępu powietrza z zewnątrz do powierzchni oleju transformatorowego. (Zawilgocenie oleju i izolacji transformatora oraz utlenianie oleju). Opis nowej metody uniknięcia zetknięcia świeżego powietrza z olejem, opartej na zastosowaniu odkształcających się zbiorników z azotem. Opis urządzenia. Próby i ich wyniki. Zalety nowej metody. — Bull. Soc. Franç. Electr., 1950, t. X, nr 100, str. 41—46, 1 fot., 1 rys. A. M.

Przesył i rozdział energi elektrycznej

509 621.3 017.29:621.315.016.32
Über zusätzliche Verluste beim Parallelbetrieb von Leitungen. Schär F. — Obliczanie strat dodatkowych występujących przy pracy równoległej dwóch linii o różnych napięciach znamionowych. Minimum strat dodatkowych. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 17, str. 633—634, 1 rys., 1 wykr. A. B.

510 621.315.1:621 316.93:31(470)
Analiz grozowoj porażajemosti elektriczeskich sjietiej. Kostienko M. W., Sziszman D. W. — Oparta na statystyce analiza uszkodzeń burzowych linii 35—110 kV. Ilość wyłączeń linii. Samoczynne powtórne załączanie.

Praca odgromników wydmuchowych. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 32—35, 2 wykr., 5 tabl., 3 poz. bibl. B. J.

511 621.315.1.024/025:657.478.8
K woprosu ob obłastiach primienienja postojannogo toka pri pieriedacze eniergii na bolszyje rasstojanja. Złatopolski A. N. — Zastosowanie linii długich prądu stałego. Porównanie kosztów przesyłania energii prądem stałym i zmiennym. Obliczenie odległości krytycznej. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 64—66, 4 wykr., 4 poz. bibl. B. J.

512 621.315.1.056.3
Schwingungen von Stromleiterseilen nach dem Abfallen von Zusatzlasten. Oertli H. — Opis urządzeń badawczych i wyniki badań nad drganiami linek wywołanych opadnięciem sadzi w napowietrznej linii 150 kV. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 13, str. 501—511, 2 fot., 16 rys., 11 wykr. A. B.

513 621.315.171
Nouveau système de suspension sur leurs supports, des conducteurs pour lignes de transports de force. Sandberg S., Lindblom J. — Opis zacisków do przewodów napowietrznych. Metoda wyznaczania krzywej, wzdłuż której układa się przewód przy wylocie z zacisku. Metody obliczania właściwych wymiarów zacisku. Własności nowego typu zacisku i jego zalety w porównaniu z dawnymi typami. Zakres zastosowania. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1950, t. X, nr 101, str. 68—74, 7 fot., 5 rys., 2 wykr. A. M.

Kable

514 621.315.21.014 6
O normatiwach biezopasnosti wlijanja elektriczeskoj zaszczyty podzjemnych sooruženij ot korrozji. Kalman W. S. — Pomiary wpływu zabezpieczenia kabli przed korozją metodą elektryczną na sąsiednie niezabezpieczone podziemne urządzenia metalowe. Wytyczne zabezpieczenia kabli ziemnych i rurociągów przed korozją na skutek prądów błądzących. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 55—58, 2 rys., 2 wykr., 5 tabl., 3 poz. bibl. B. J.

Materiały izolacyjne

515 621.315.615.2
Reinigung der Kupferbecher für die künstliche Alterung von Isolierölen nach Publ. Nr. 124 des SEV (Regeln für Isolieröl). Fachkollegium 10 des CES, SEV. — Chemiczne i mechaniczne sposoby czyszczenia miseczek miedzianych stosowanych do sztucznego starzenia olejów izolacyjnych. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 16, str. 601. A. B.

516 621.315.615.2
Die Beurteilung gebrauchter Transformatorenöle. Fachkollegium 10 des CES, SEV. — Opis zmian zachodzących w olejach transformatorowych w czasie pracy: 1) powodujące uszkodzenia, 2) będące wskaźnikiem starzenia się, lecz nie powodujące uszkodzeń, 3) prawie nieznacznych w czasie „normalnego" starzenia się oleju. Kryteria starzenia się. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 16, str. 602—603. B. J.

517 621.315.615.2
Die Bedeutung der Spannungsprüfungen für die Beurteilung von Isolierölen. Fachkollegium 10 des CES, SEV. — Wyniki prób napieciowych oleji izolacyjnych nie są wystarczającym wskaźnikiem stanu oleju. Konieczność prób chemicznych i fizycznych. Zastosowanie prób napięciowych wg norm SEV. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 16, str. 603—604. A. B.

Izolatory

518 621.315.62.027.3:621 3.029.6
Wysokowoltnyje izolatory dla wysokoczastotnych ustrojstw. Bogorodicki N. P., Dmitrijew A. W. — Napięcie przeskoku izolatorów wysokiego napięcia, pracujących przy wielkiej częstotliwości — dane doświadczalne. Wyładowania powierzchniowe. Zasady konstrukcji izolatorów wysokonapięciowych pracujących przy wielkiej częstotliwości. Badanie izolatorów wielkiej częstotliwości napięciem o częstotliwości technicznej. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 33—36, 5 rys., 1 wykr., 4 tabl., 2 poz. bibl. B. J.

519 621.315.624
Opriedielenje otkłonienja girlandy izolatorow pod wlijanjem wietra. Chołmski W. G. — Zasady obliczenia kąta wychylenia łańcucha izolatorów pod wpływem wiatru w bezburzowym okresie. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4, str. 26—27. B. J.

Słupy elektryczne

520 621.315.668.2
Opory linii elektropieriedaczy iz stalnych biezszwownych trub. Łukin M. A. — Rodzaje konstrukcji słupów z rur stalowych bez szwu w zależności od napięcia linii. Szczegóły konstrukcyjne: ustoje, poprzeczki, łączenie rur. Fundamenty słupów. Ochrona przed korozją. — Elektr. Stanc., 1948, nr 5, str. 44—46, 5 rys., 3 tabl. B. J.

521 621.315.668.3
Neue Betonmasten-Leitungen der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke A.-G. Müri W. — Ustrój, sposób wykonania, ustawianie słupów i montaż przebudowywanej linii dwutorowej 50 kV. Wymagania stawiane nowej linii. Zalety słupów betonowych. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 15, str. 569—575, 13 fot., 1 rys. A. B.

Sieci i podstacje

522 621.316.1-7
Kompleksnyj mietod prowiedienja profiłakticzeskich rabot na linji elektropieriedaczy. Ryclin A. M. — Dwa sposoby przeprowadzania konserwacji i rewizji stanu linii elektrycznych: stary, polegający na kolejnym badaniu i remoncie poszczególnych elementów linii (słupów, izolatorów, przewodów) i nowy, polegający na jednoczesnym badaniu wszystkich elementów. Zalety ekonomiczne i techniczne nowego sposobu. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 36—37, 2 tabl. B. J.

523 621.316.1 083.72
Impulsnyje izmierienja linij. Bychowski Ja. Ł., Rakinowski W. L. — Zarys historyczny rozwoju badania obwodów elektrycznych przy pomocy impulsów energii elektromagnetycznej. Pomiary przy pomocy impulsów a radiolokacje. Analiza zjawisk związanych z rozprzestrzeniem impulsów w obwodach elektrycznych. Impulsator I. I. L. konstrukcji C. N. I. E. L. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4, str. 28—30, 1 rys., 4 poz. bibl. B. J.

524 621.316.11
Obobszczenje mietoda konturnych urawnienij. Fazyłow Ch. F. — Zastosowanie teorii czwórników do obliczania sieci elektrycznych. Określenie napięć węzłowych i rozpływu mocy. Stałe transformatorów trójuzwojeniowych w ujęciu nowej metody. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 63—66, 4 rys., 4 poz. bibl. B. J.

525 621.316.13 025.3+621.3 016.313
Koefficjent asjimmietrii i effektiwnost' wyrawniwanja nagruzok faz w triechfaznoj sieti pieriemiennogo toka. Żiguljewa N. M. — Zależność strat w sieci od współczynnika asymetrii. Określanie prądu asymetrii. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4, str. 20—22, 2 wykr., 1 tabl. B. J.

526 621.316 15 027.3
Raspriedielenje eniergii na osnownom napriażenji elektrosjistiem. Grudinski P. G. — Charakterystyka dotychczasowego nieracjonalnego sposobu projektowania sieci rozdzielczych Zalety ekonomiczne i techniczne rozdziału energii elektrycznej przy wprowadzeniu linii wysokiego napiecia (110 kV) do centrum miasta i zwiekszeniu ilości podstacji. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 1, str. 35—39, 1 rys., 3 wykr. B. J.

527 621.316.26-182.3
La sous-station mobile des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de Calais. Robine P. L. — Opis przewoźnej stacji rozdzielczej, umieszczonej na specjalnym wagonie kolejowym. Schemat elektryczny stacji. Opis i dane charakterystyczne wagonu i wyposażenia stacji:

transformatora 15 MVA 90—45/15—10/5—3 kV, wyłącznika powietrznego, transformatorów pomiarowych, pól 15 i 5 kV. — Rev. Gén. Electr., 1950, t. 59, nr 3, str. 101—106, 2 fot., 2 rys., 2 tabl. A. M.

Analizatory

528 621.316 313:517.3
Osuszczestwlenje matricznych schiem s usjilitielami i rieszenje pri ich pomoszczy sjistiem differencjalnych urawnienij. Polisar, G. L., Korolkow N. W. — Schemat ideowy, zasada działania i dobór elementów składowych analizatora różniczkowego. Przykłady rozwiązań równań różniczkowych. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 77—80, 1 fot., 1 rys., 2 wykr., 7 poz. bibl. B. J.

529 621 317.35:621.316.313
Elektriczeskije modieli fizjiczeskich jawlenij. Gutenmacher L. I. — Teoria analizatorów jako synteza teorii obwodów elektrycznych i teorii podobieństw zjawisk fizycznych. Elementy składowe analizatorów. Analizatory różniczkowe i ich zastosowanie. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 34—40, 2 fot., 3 rys., 2 tabl., 29 poz. bibl. B. J.

Urządzenia rozdzielcze

530 621.316.545.3
Primienienje zazjemlajuszczych razjedinitielej wmiesto pierienosnych zazjemlajuszczych prowodnikow w raspriedielitielnych ustrojstwach 220 kV. Krikunczyk A. B. — Odłączniki uziemiające w rozdzielniach 220 kV. Sposoby ich montażu. Zalety w porównaniu z przenośnymi przewodami uziemiającymi. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 1, str. 40—41, 2 rys. B. J.

531 621.316 57 064.241
Ustanowki, wyrabotywajuszczyje szatyj wozduch dla wozdusznych wykluczatielej. Afanasjew W. W. — Parametry powietrza używanego do gaszenia łuku. Metody: chemiczne i fizyczne odwilgocanie powietrza. Schematy urządzeń sprężających powietrze. Rozchód powietrza w wyłącznikach. Określenie pojemności zbiorników powietrza i wydajności sprężarki. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 3, str. 21—26, 5 rys., 1 wykr., 2 tabl. B. J.

532 621.316.57.064.25
Ölstrahlschalter zur Verminderung der Kurzschluss-Schäden und der Betriebsstörungen bei elektrischen Wechselstrom-Bahnen. Ehrensperger H. — Opis techniczny specjalnego wyłącznika małoolejowego stosowanego w sieciach trakcyjnych, oraz przeprowadzonych badań i danych eksploatacyjnych wyłącznika. Zasada działania: wykonanie konstrukcyjne urządzenia gaszącego. Badania przeprowadzone w sieci 16 kV. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 9, str. 346—350, 4 rys., 1 wykr. A. B.

Urządzenia regulacyjne

533 621 316.722.042.1
Riegulator napriażenja s podwiżnym sjerdiecznikom. Bielajew B. W. — Zasada konstrukcji regulatora napięcia z ruchomym rdzeniem. Charakterystyki napięciowe i prądowe prototypu regulatora 0,5 kVA. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 51—52, 1 rys., 3 wykr., 1 poz. bibl. B. J.

534 621.316 726:621.316.728.621.3 016.3
Ekspierimientalnoje opriedielenje parametrow elektriczeskoj sjistiemy, wlijajuszczych na process awtomaticzeskogo regulirowanja czastoty i moszczności. Markowicz I. M., Sowałow S. A. — Badanie: wahań obciążenia, zmian częstotliwości przeprowadzone w pewnym układzie energetycznym. Zależność częstotliwości od obciążenia. Zmiany częstotliwości przy gwałtownych odciążeniach systemu. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 21—27, 11 wykr., 3 tabl. B. J.

Urządzenia zabezpieczające

535 621.316 925
O głuchom zazjemlenji akkumulatornoj batariei w cjepiach opieratiwnogo toka. Kostanian G. G. — Prace izolowanego względem ziemi obwodu manewrowego przekaźników. Prace obwodu manewrowego z uziemionym bezpośrednio jednym biegunem baterii akumulatorów. Wpływ obwodu prądu zmiennego na obwody manewrowe. Zalety i wady obu sposobów pracy. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 39—40, 2 rys., 8 poz. bibl. B. J.

536 621.318.7:621.316.925.1
K tieorii prieobrazowanja filtrow relejnoj zaszczyty. Atabiekow G. I., Smorodinski Ja. M. — Metoda przekształcania filtrów składowych symetrycznych, napięcie na filtry składowych symetrycznych prądu tej samej kolejności. Obwody równoważne i „dualnie" przekształcone. Zasadnicze typy filtrów napięć i prądów poszczególnych składowych symetrycznych: zgodnej, przeciwnej i zerowej. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 41—46, 3 rys., 2 tabl., 6 poz. bibl. B. J.

537 621.316 925.451
Odnosjistiemnaja impiedansnaja zaszczyta s pieriekluczenjem w cepiach toka i napriażenja dla linij s dwuchstoronnim pitanjem w sjetiach s małym tokom zamykanja na zjemlu. Czernin A. B. — Schemat i opis działania ekonomicznego zabezpieczenia pozornooporościowego z przełączeniem w obwodzie prądowym i napięciowym sieci zasilanych dwustronnie o małym prądzie ziemnozwarciowym. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 27—28, 1 rys., 1 tabl., 2 poz. bibl. B. J.

538 621.316 93:621.332(44)
Essais d'un relais détecteur de courts-circuits sur le réseau de la Société nationale des Chemins de fer français. Branchu P. — Wyniki badania urządzenia do wykrywania zwarć w sieci trakcyjnej kolei francuskich. — Organizacja badań: wybór miejsca, opis zasady układu badawczego, sposób wprowadzania zwarć. Reagowanie urządzenia na zwarcia i na nagłe zmiany natężenia prądu, wywołane prądem rozruchu. Analiza oscylogramów. Metoda analityczna obliczania zmian prądu w funkcji czasu. Wnioski dotyczące zastosowania urządzenia. — Rev. Gén. Électr., 1950, t. 59, nr 2, str. 70—74, 7 wykr., 1 tabl., 2 poz. bibl. A. M.

539 621.316 932 08
Skorost' dwiżenja korotkoj elektriczeskoj dugi. Babakow N. A. — Zależność szybkości przesuwania się krótkiego (0,1 do 3 mm) łuku elektrycznego od wielkości prądu, odstępu elektrod i natężenia pola magnetycznego. Badanie przesuwania się łuku przy pomocy aparatu kinowego systemu Brona-Aleksandrowa. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 74—77, 1 rys., 4 wykr., 1 poz. bibl. B. J.

540 621.316.99
De la prise de terre localisée au réseau de terre étendu. Petrocokino D. — Zarys teorii uziemień. Obliczanie oporności uziemień. Pojęcie napięcia krokowego i współczynnika niebezpieczeństwa. Wpływ wilgotności i zawartości soli na wartość oporności właściwej ziemi. Własności elektryczne ziemi. Metody pomiarowe. Własności elektryczne długiego uziemiacza. Analiza oporności uziemiaczy rozległych. Oporność uziemiaczy przy udarach. Zastosowania teorii do obliczania uziemiaczy. Wnioski. Obszerne zestawienie literatury. — Rev. Gén. Électr., 1950, t. 59, nr 2, str. 53—70, 16 rys., 6 wykr., 4 tabl. A. M.

Miernictwo elektryczne

541 621.317.088:621.314.224.3:621.316 925
Izmierienje pogrieszności transformatorow toka dla relejnoj zaszczyty. Woskriesjenski A. A. — Wyznaczenie charakterystyki magnesowania przekładnika prądowego. Pomiar uchybu przekładni i uchybu kątowego metodą trzech amperomierzy. Dobór przyrządów. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 4, str. 23—25, 4 rys., 1 wykr. B. J.

542 621.317.382.088:621.311.18
Nieprawilnaja schiema wkluczenja szczytowych wattmetrow. Eńko W. W. — Często spotykane błędne połączenie watomierzy tablicowych w elektrowniach. Błąd wskazania watomierza. Sprawdzanie prawidłowości połączenia watomierzy. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 23—24, 2 rys. B. J.

543 621 317.7:621.314.224.3.011.2:621.318.24
Niekotoryje dannyje dla rasczota namagniczywanja transformatorow toka. Wigdergauz R. W. — Krzywe magnesowanie rdzeni i nomogramy dla obliczenia oporu pozornego typowych, radzieckich przekładników prądowych. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 1, str. 45—46, 3 wykr., 1 tabl. B. J.

544 621.317.7:621.314.224.3.011.3
Opriedielenje reaktansow transformatorow toka i ich wlijanje na toki korotkich zamykanij i paramietry apparatury i tokowieduszczych czastiej. Boczkow W. E. — Obliczenia teoretyczne i pomiary oporności biernej uzwojeń przekładników prądowych. Przykład praktyczny uwzględnienia wpływu oporności przekładników prądowych na wielkość prądu zwarciowego i dobór aparatury. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 1, str. 42—44, 1 rys., 2 tabl. B. J.

545 621 317.727.088
Nieiskażajuszczyj dielitiel impulsnych napriażenij. Nazarow S. A. — Błędy wprowadzane do pomiarów przez potencjometry. Warunki teoretyczne, którym winien odpowiadać potencjometr o przekładni niezależnej od częstotliwości, wielkości i biegunowości przyłożonego napięcia. Wyniki badań potencjometrów oporowo-pojemnościowych praktycznie nieodkształcających krzywej napięcia. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 28—33, 6 rys., 1 wykr., 13 poz. bibl. B. J.

546 621.317.733.3
Sowriemiennyje mostowyje schiemy s awtomaticzeskim urawnowieszywanjem. Ginsburg S. A. — Przegląd współczesnych układów mostkowych z automatycznym ustalaniem stanu równowagi: „Pyrotron" z regulowaną opornością, „Dynalog" z regulowaną pojemnością, mostek Kerrena z regulowaną indukcyjnością, mostki z okresowym ustalaniem stanu równowagi. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 83—85, 4 rys., 16 poz. bibl. B. J.

547 621.317.733.3 083.9
Multiplicyrowannyje izmieritielnyje schiemy. Tiemnikow F. E. — Schematy ideowe i zasada działania wielokrotnych układów pomiarowych mostkowych i potencjometrycznych, opartych na zasadzie kompensacji dynamicznej. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 57—59, 3 rys., 1 wykr., 1 poz. bibl. B. J.

548 621.317.75:621.316.57
Un nouvel oscillographe pour l'étude du fonctionnement des disjoncteurs. Baron Y. — Rys historyczny rozwoju urządzeń do rejestracji zjawisk elektrycznych. Rola oscylografu w badaniach wyłączników. Opis oscylografu katodowego konstrukcji Y. Barona, posiadającego 12 lamp rejestrujących i 3 lampy do obserwacji wzrokowej. Wyniki działania i eksploatacji. Rev. Gén. Électr., 1950, t. 59, nr 2, str. 91—96, 3 fot., 4 rys. A. M.

549 621.317.785.016.1
Mietody opriedielenja dopołnitielnych momientow u indukcjonnych szczotczykow elektriczeskoj eniergii. Goriunow P. N., Pigin S. M. — Sposoby określania momentów dodatkowych: kompensacyjnego, tarcia i hamujących w liczniku indukcyjnym. Przykłady. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 59—61, 1 wykr., 2 poz. bibl. B. J.

550 621 317.785 088:621.316.1
Ob uczotie elektriczeskoj eniergii w sjetiach. Ławruchin M. A. — Przyczyny uchybów wskazań liczników energii elektrycznej. Kompensacja wpływu temperatury. Konserwacja liczników. — Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 5, str. 37—38. B. J.

Cewki

551 621 318.4.011.3
Die Berechnung der Induktivität des Kreisleiters und der einlagigen eng-oder weitgewickelten Zylinderspule. Kelleler W. — Analityczna i graficzno-analityczna metoda obliczania indukcyjności przewodu kołowego oraz cewek jednowarstwowych. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 11, str. 442—450, 2 rys., 4 wykr. A. B.

Przekaźniki

552 621.318.5:621.316.3
Primienienje jomkostnogo dielitiela dla sjinchronizacji w schiemach APW. Dołginow A. I., Jegudin B. I., Kamienski A. W. — Dwa warianty zasilania przekaźników „kontroli synchronizmu" w urządzeniach samoczynnego powtórnego załączania, napięciem z pojemnościowego dzielnika napięcia. — Electr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 29—31, 1 rys., 2 wykr. B. J.

Kondensatory

553 621.319.4
Nowaja tiechnika w proizwodstwie kondiensatorow. Renne W. T. — Nowe osiągnięcia w dziedzinie produkcji kondensatorów. Podgrzewanie wstępne w powietrzu kondensatorów papierowych przed suszeniem w próżni. Obudowa szczelna kondensatorów. Dielektryki syntetyczne. Kondensatory mikowe i próżniowe. — Elektriczestwo, 1848, nr 7, str. 83—85, 12 poz. bibl. B. J.

Trakcja elektryczna

554 621.332:621.394.74.014.6
Zaszczyta tielegrafnych swiazjej ot wlijanja elektriczeskich żeleznych dorog postojannogo toka. Michajłow M. I. — Wpływ prądów błądzących wywołanych trakcją na jednoprzewodowe linie telekomunikacyjne. Metody zabezpieczenia przed wpływem prądów błądzących: 1) za pomocą transformatora, 2) przez oddalenie miejsc uziemień linii lelekomunikacyjnej od linii kolejowej. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 59—63, 1 rys., 9 wykr. B. J.

555 621.33 014.6:621.394.74
Uniwiersalnyje kriwyje dla opriedielenja mieszajuszczego diejstwija rtutnych wypriamitielej. Czernyszew M. A. — Interpretacja teoretyczna wpływu prostowników trakcyjnych na linie telekomunikacyjne. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 48—50, 2 rys., 2 wykr., 1 tabl., 1 poz. bibl. B. J.

Grzejnictwo elektryczne

556 621 362
Das Thermoelement als Energieumformer. Geiling L. — Termoelement jako najprostsze urządzenie przetwarzające energię cieplną na elektryczną. Podstawowe zjawiska termoelektryczności: zjawisko Seebeck'a, Peltier'a, Thomson'a. Sprawność teoretyczna i praktyczna. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 14, str. 536—541, 2 rys., 2 poz. bibl. A. B.

557 621.365
Pieriepad tiempieratur w zakrytych elektronagriewatielnych elementach. Smirnow W. I. — Metoda ustalania rozpływu strumienia cieplnego w krytym elemencie grzejnym przez analogię z rozpływem prądu w elektrolizie. Wzory dla elementów rurkowych. Poprawka na polaryzację. Wyniki doświadczeń na modelach. Przykład liczbowy. — Wiestn. Elektroprom, 1949, nr 12, str. 18—22, 3 rys., 2 wykr., 3 tabl. M. M.

558 621.365 035.2:691.3
Tiempieraturnoje pole odinocznogo cjilindriczeskogo elektroda pri elektroprogriewie bietona. Nietusził A. W. — Określenie pola temperatur pojedynczej elektrody cylindrycznej. Przykład wyznaczenia dopuszczalnej gęstości prądu na powierzchni elektrod przy elektrycznym ogrzewaniu betonu. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 62—63, 5 poz. bibl. B. J.

559 621.311.21:621.365.036.4:657.472
Karbidnyje i ferrosplawnyje elektropieczi kak potriebitieli sjezonnoj gidroeniergii. Osiepian A. M. — Rozważania nad wskaźnikami kosztów energii elektrycznej i nakładów kapitałowych elektrowni wodnych przy zastosowaniu pieców elektrycznych jako sezonowych odbiorników energii elektrycznej. — Elektriczestwo, 1949, nr 8, str. 59—62, 2 wykr., 2 tabl., 8 poz. bibl. M. M.

560 621.365.036.5:621 316.1
Srawnienie dwuch schiem korotkoj sjeti dla elektropieczej z priamougolnymi wannami. Strunski B. M. — Rozpatrzenie wyników doświadczeń przeprowadzonych na

modelach dwu układów krótkiej sieci: zwykłego, w którym przez krótką sieć płynie prąd przewodowy i ulepszonego, w którym przez krótką sieć płynie prąd fazowy. Nowością jest zastosowanie ulepszonego układu do pieców o wannach prostokątnych, a więc takich, w których rozmieszczenie elektrod jest niesymetryczne. Uzyskano zmniejszenie oporności biernej sieci i zmniejszenie zjawiska martwej fazy. — Elektriczestwo, 1949, nr 10, str. 68—71, 2 rys., 1 tabl., 1 poz. bibl. M. M.

561 621 365.2 036.4:669.18
Pieriodiczeskaja rabota dugowych staleplawilnych pieczej. Okorokow N. W. — Rozważania nad wyborem najkorzystniejszej zależności między ciężarem wsadu i mocą pieców łukowych pracujących z przerwami. Wpływ rozgrzewu pieca po przestoju. Promyszl. Enierg., 1949, nr 1, str. 1—4, 5 wykr., 5 poz. bibl. M. M.

562 621.365.2.078
Awtomaticzeskoje uprawlenje rieżimom dugowych rudno-tiermiczeskich pieczej. Jefrojmowicz Ju. Je. — Wymagania stawiane systemom regulacji elektrod w piecach o łuku otulonym. Schemat układu regulacyjnego, opracowanego przez Centralne laboratorium automatyki na zasadzie przekaźnikowej. — Promyszl. Enierg., 1948, nr 5, str. 7—9, 2 rys., 1 wykr., 2 poz. bibl. M. M.

563 621.365.4 036.4
O wyborie racjonalnogo rieżyma razogriewa elektropieczej. Mieszel B. S. — Rozgrzew i stygnięcie pieców elektrycznych pracujących dorywczo. Wybór między zupełnym wyłączaniem pieca na czas przerwy w pracy i utrzymywaniem pieca pod prądem zmniejszonym na czas przerwy do wartości niezbędnej do podtrzymywania temperatury roboczej pieca. — Promyszl. Enierg., 1948, nr 2, str. 7—10, 3 wykr., 3 tabl. M. M.

564 621.365.411
Sokraszczenje raschoda eniergii w elektropieczach soprotiwlenja putiom powyszenja ich moszcznosti. Kostanian K. A., Łurje I. M. — Opis usprawnienia zmierzającego do zmniejszenia jednostkowego zużycia energii przez zwiększenie obciążenia powierzchniowego przewodów grzejnych w oporowych piecach komorowych, których moc znamionowa jest za mała w stosunku do wewnętrznych wymiarów komory. Przedstawiono wyniki uzyskane w kilku piecach przez skrócenie przewodu w elemencie grzejnym. — Promyszl. Enierg., 1949, nr 8, str. 10—11, 1 rys., 3 wykr., 4 tabl. M. M.

565 621.365.411.035.61
Racjonalnaja schiema korotkoj sjeti elektriczeskoj pieczi s priamougolnoj wannoj. Strunski B. M. — Nowy sposób podłączania pieców elektrycznych z komorami prostokątnymi, charakteryzujący się małą indukcyjnością układu przewodów zasilających i zapewniający większą równomierność obciążenia poszczególnych elektrod. — Elektriczestwo, 1948, nr 7, str. 81—82, 3 rys. B. J.

566 621 365.5:621.757
Primienienje indukcjonnego nagriewa dla goriaczej nasadki. Troszin N. G., Kabanow N. D. — Opis konkretnych przypadków nasadzania 55-tonowego koła zamachowego na wał (9 t) oraz 54-tonowego wirnika silnikowego na wał (42,4 t). Zamiast płomieniowego nagrzewania koła zamachowego i wirnika, przy jednoczesnym chłodzeniu wałów skroplonym gazem węglowym, zastosowano nagrzewanie indukcyjne przy dodatkowym nagrzewaniu za pomocą grzejników oporowych. W obu przypadkach uzyskano różnicę średnic ok. 1 mm. Rysunki robocze i wykresy temperatur. — Promyszl. Enierg., 1949, nr 10, str. 9—11, 4 rys., 2 wykr. M. M.

567 621.365.51:669.5
Podowyj kamień dla cynkopławilnoj indukcjonnoj pieczi s żeleznym sjerdiecznikom. Sabaniejew P. F. — Szczególne właściwości pracy pieców indukcyjnych rdzeniowych do topienia cynku. Zalety kotliny kanałowej pieca wykonanej z tektury azbestowej przekładanej płytami z metalu niemagnetycznego. — Promyszl. Enierg., 1949, nr 10, str. 5—7, 4 rys., 1 poz. bibl. M. M.

568 621.365.51 011.2
Rasczet wattnogo soprotiwlenja kanała indukcjonnoj pieczi s żeleznym sjerdiecznikom. Sabaniejew P. F. — Obliczenie oporności czynnej kanału indukcyjnego pieca rdzeniowego z uwzględnieniem rozszerzenia kanału w jego górnej części. Rozwiązanie dwóch przykładów liczbowych. Porównanie wyników obliczenia z wynikami pomiarów. — Promyszl. Enierg., 1948, nr 10, str. 8—10, 2 rys., 1 wykr. M. M.

569 621.365.9.035.2:691.3
Primienienje systiemy formuł Makswełła dla rasczota soprotiwlenij mieżdu elektrodami pri elektroprogriewie bietona. Nietusził A. W., Isajew K. B., Fiodorow S. K. — Wzory szczególne do obliczania oporności międzyelektrodowej dla 15 typowych układów elektrod okrągłych. Wzory te umożliwiają wybór rozmieszczenia elektrod, zapewniającego możliwie dużą równomierność nagrzewania betonu. Elektriczestwo, 1949, nr 6, str. 56—59, 2 rys., 1 wykr., 6 poz. bibl. M. M.

570 621.365.92:621.369.2
Eniergieticzeskije pokazatieli wysokoczastotnych ustanowok dla dielektriczeskogo nagriewa. Donskoj A. W., Kuliasow S. M., Frumkin A. A. — Krytyczne rozważania nad wprowadzaniem suszenia pojemnościowego w miejsce suszenia parowego. Sprawność urządzeń do suszenia pojemnościowego. Zużycie energii przy pojemnościowym suszeniu różnych rodzajów drewna. Promyszl. Enierg., 1949, nr 4, str. 4—6, 2 tabl., 4 poz. bibl. M. M.

571 621 365.92:679.5
Primienienje wysokoj czastoty dla priedwaritielnogo podogriewa płasticzeskich mass pri ich priessowkie. Kalitwianskij W. I., Diegtiew W. M. — Opis działania generatora 20 MHz, 2 kW do pojemnościowego podgrzewania tłoczyw. Schemat generatora. Schemat przekaźnika dawkującego czas nagrzewania. Krzywe temperatury w zależności od czasu nagrzewania. Porównanie czasów tłoczenia przy podgrzewaniu pojemnościowym, przy podgrzewaniu w termostacie oraz bez podgrzewania wstępnego. — Promyszl. Enierg., 1948, nr 3, str. 1—5, 1 fot., 3 rys., 2 wykr. M. M.

572 621.369.37
Bystrodiejstwujuszczije pieczi s małoj akkumulatiwnoj sposobnostju (ekrannyje pieczi). Walentynowicz K. A. — Opis usprawnienia polegającego na konstrukcji obudowy ogniotrwałej pieca w postaci warstw (ekranów) przedzielonych powietrzem, dzięki czemu piec prędzej się rozgrzewa i ma mniejsze straty cieplne, co ma znaczenie w piecach pracujących okresowo. Konstrukcja nadaje się do pieców laboratoryjnych oraz do pieców przemysłowych o temperaturze roboczej nie przekraczającej 500°. Podano przekroje pieca muflowego oraz krzywe rozgrzewu i zużycia energii. — Promyszl. Enierg., 1949, nr 8, str. 5, 1 rys., 2 wykr. M. M.

Oświetlenie

573 621 32:628.971.6(091)(470)
Sostojanje i pierspiektiwy razwitja narużnogo oswieszczenja gorodow. Zilberblat Ja. B. — Projekt norm jasności oświetlenia ulic. Wpływ oświetlenia na widzialność. Przegląd opraw stosowanych do oświetlenia zewnetrznego. Rozwój techniki oświetlenia zewnętrznego w ZSRR. — Elektriczestwo, 1948, nr 8, str. 15—20, 2 rys., 6 wykr., 2 tabl., 3 poz. bibl. B. J.

574 621:32:628.971.6.037(73)
Roadway Lighting of Shasta and Grand Coulee Dams. Bossard R. L. — Nowa metoda oświetlenia jezdni lampami fluoryzującymi, umieszczonymi w barierze, w specjalnych reflektorach, po obu stronach jezdni. Konstrukcja oprawy, rozkład jasności i jaskrawości na jezdni. — Illum. Engng, 1950, t. XLV, nr 1, str. 13—17, 2 fot., 2 rys., 1 wykr., 2 tabl. T. O.

575 621.32:628.972.037:727.1
One-Hundred Footcandles in Troffer Lighted Classrooms. Mozes D. E., Anderson T. R. — Opis instalacji oświetleniowej w klasach szkolnych z oprawami wpuszczonymi w sufit do lamp fluoryzujących 40 W 4500°K białych. Rozkład jasności i jaskrawości we wnę-

trzu, dane dotyczące współczynników odbicia ścian, sufitu, tablicy. Przykład oświetlenia sali gimnastycznej lampami żarowymi 1000 W. — Illum. Engng., 1950, t. XLV, nr 2, 78—79, 4 fot., 2 rys. T. O.

576 621.32:628.972:621.311.2

Technique of Lighting Generating Stations. Carroll H. F., Morton W. B. — Problem oświetlenia elektrowni o mocy 550 kW. Wymagania. Zagadnienie barw wnętrza. Oświetlenie nastawni przez podniesiony sufit kratkowy. Oświetlenie maszynowni. Oświetlenie pozostałych budynków. Oświetlenie stacji napowietrznej. Przykład oświetlenia pośredniego nastawni. — Illum. Engng., 1950, t. XLV, nr 2, str. 83—95, 13 fot., 1 rys., 5 poz bibl. T. O.

577 621.32:628 972:664

Lighting for Canneries. Subcommittee on Lighting in the Canning Industry IES. — Analiza warunków dobrego oświetlenia w fabrykach konserw owoców. Normy jasności dla różnych pomieszczeń i czynności. Zalecone barwy do malowania wnętrz. Oświetlenie dzienne. Typy opraw oświetleniowych. Specjalne rozwiązania oświetlenia zlokolizowanego dla poszczególnych miejsc pracy i różnych rodzajów owoców. Illum. Engng., 1950, t. XLV, nr 1, str. 45—65, 18 fot., 23 rys., 2 wykr., 2 tabl., 17 poz. bibl. T. O.

578 621.327.3:778 53

Color Corrected Compact Mercury Lamps for Motion Picture Studio Lighting. General Electric Company. — Opis lampy rteciowej o mocy 5000 W, o bańce kwarcowej, o skupionym źródle światła o powierzchni ok. 50 mm². Korekcja barwy światła przez wprowadzenie par metali. Sprawność rzędu 50 lm/W. — Illum. Engng., 1950, t. XLV, nr 2, str. 105—106, 2 fot. T. O.

579 535.65

A Survey of Colors for Industry. Moon P., Spencer D. E. — Kolorymetryczne określenie barwy farb stosowanych w przemyśle do malowania, ustalone metodą spektrofotometryczną dla 105 farb różnego rodzaju. Współrzędne X, Y dla powyższych farb. Przebiegi zmienności współczynnika odbicia w funkcji długości fali. — Illum. Engng., 1950, t. XLV, nr 1, str. 39—44, 8 wykr., 5 tabl., 20 poz. bibl. T. O.

Radiologia

580 621.386 032 22

Pourquoi employer les anodes tournantes? Frandin M. (I. P. F.) — Zastosowanie lampy o wirującej anodzie nie jest w stanie zwiększyć mocy generatora. Powoduje ono jedynie całkowite wyzyskanie tej mocy. Wykazanie na przykładach korzyści płynacych z lamp o wirującej anodzie. Nie wynaleziono dotychczas materiału na ogniska lamp o obciążalności wiekszej od wartości dopuszczalnych dla wolframu. Journ. de Radiol. d'Électrologie et Arch. d'Électr. Médic., 1948, t. 31, nr 1—2, str. 104—105. J. D.

581 621.386:513.1

Les procédés géométriques de radiographie. Duhamel J. — Odtworzenie obrazu przestrzennego na podstawie płaskiego zdjęcia rentgenowskiego. Omówienie różnych sposobów — szczególnie tomografii. Omówienie zasad tomografii przestrzennej. — Le Journ. de Phys. et le Radium, 1950, t. 11, nr 1, str. 42 S.—43 S. J. D.

582 771.534.5:621 386

Densitomètre pour films radiographiques (présentation d'appareil). Bruch G., Lochet R., Valentin F. — Opis aparatu nadającego sie do pomiarów zaczernienia filmów rentgenowskich o wymiarach do 36 × 43 cm. Cechy aparatu: możność pomiaru filmów wszystkich wymiarów aż do 36 × 43 cm; największe zaczernienie 2.7; dokładność 0,03; budowa zwarta i prosta; bezpośredni odczyt zaczernienia. Aparat posiada dwie komórki fotoelektryczne. Pomiar odbywa się przez porównanie z wzorcem o zaczernieniu 2,7. Zastosowanie wzmacniacza w obwodzie przyrządu pomiarowego. Opis budowy aparatu. — Le Journ. de Phys. et le Radium, 1950, t. 11, nr 1, str. 41 S.—43 S., 3 rys. J. D.

583 615.849:621.386

Les Bases Physiques, Physiologiques et Techniques de la Diadynamothérapie. Bernard P. D. — Tylko prądy okresowo zmienne o małej częstotliwości mogą wywoływać w tkankach zmiany rozkładu jonów, będące powodem objawów fizjologicznych. Natężenia impulsów elektrycznych wywołujących te zmiany zawarte są w pewnej strefie. Prądy powstałe ze zniekształcenia prądów sinusoidalnych zawarte są w tej strefie. Omówienie działania fizjologicznego takich prądów. Skuteczność działania leczniczego zależy od modulacji amplitudy oraz od modulacji częstotliwości. Prąd otrzymany w ten sposób, zwany prądem diadynamicznym, wywiera specjalne, dotychczas nieznane, działanie na tkanki. — Journ. de Radiol. d'Électrologie et Arch. d'Électr. Médic., 1950, t. 31, nr 1—2, str. 22—31, 5 fot., 1 rys., 4 wykr., 28 poz. bibl. J. D.

584 621.386:778 33

Quelques remarques sur l'action photographique des rayons X. Reboul J., Delorme G., Masseys Ch. — Badanie działania fotograficznego promieni X jest skomplikowane ze względu na obecność w wiazce fal o różnych długościach. Działanie fotograficzne zależy od długości fali. Opis doświadczeń podjętych celem wyjaśnienia tej zależności. Krzywa pochłaniania promieni X przez ciało o różnej grubości przy różnych napieciach oraz zaczernienia w funkcji grubości ciała dla różnych napięć. Zależność kontrastowości od grubości ciała i od napięcia. Zaczernienia w funkcji naświetlenia dla promieni X padających na film bezpośrednio i poprzez obce ciało. — Le Journ. de Phys. et le Radium, 1950, t. 11, nr 3, str. 12 S.—14 S., 4 wykr. J. D.

Telekomunikacja i rozrząd zdalny

585 621.398(091)(470)

Swiaź po linjam elektroprieriedaczy w eniergosjistiemach SSSR. Bychowski Ja. L. — Zarys historyczny rozwoju telekomunikacji na energetycznych liniach przesyłowych. Dane techniczne i ekonomiczne telekomunikacji na liniach energetycznych. Systemy przesyłania. Dane techniczne kanałów wysokiej częstotliwości. Elektr. Stanc., 1948, t. 19, nr 2, str. 38—41, 1 tabl., 6 poz. bibl. B. J.

586 621 398(091):621.332(44)

Récents progrès dans la télécommande des itinéraires. Commande à distance de voies banalisées. Walter J — Znaczenie urządzeń zdalnego rozrządu i kontroli dla kolejnictwa. Zakresy stosowania sygnalizacji i sterowania. Opis urządzeń zdalnego rozrządu i kontroli, zastosowanych na kolejach francuskich. Zasada działania, opisy konstrukcyjne, schematy. Wykaz uruchomionych i przewidzianych do uruchomienia urządzeń sterowania zdalnego na kolejach francuskich. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1950, t. X, nr 100, str. 8—18, 3 fot., 11 rys., 1 wykr. A. M.

587 621.398:621.332(44)

La commande centralisée des sous-stations de traction. Garreau M. — Rys historyczny rozwoju sterowania i sygnalizacji stacji trakcyjnych. Opis urządzeń rozrządu, sterowania i sygnalizacji linii kolejowej Paryż—Lion, posiadającej 51 stacji zasilających. Opis tablic sterowniczych oraz zasady działania pomiarów zdalnych. Wytyczne rozwoju urządzeń sterowania i sygnalizacji, przyjęte w okręgu kolei paryskich. — Bull. Soc. Franç. Électr., 1950, t. X, nr 100, str. 19—26, 4 fot., 1 rys., 1 poz. bibl. A. M.

Różne

588 534.01:538 56

Probleme und Methoden der nichtlinearen Mechanik. Schaffner H. — Niektóre problemy wytwarzania drgań elektrycznych: 1) za pomocą oscylatora „Dynatron", 2) jednoczesne wytwarzanie wielu drgań, 3) synchronizacja oscylatora. Zagadnienie równowagi. Nieliniowe równania różniczkowe. — Bull. Schweiz. El. Ver., 1950, t. 41, nr 17, str. 629—633, 12 rys., 8 poz. bibl. A. B.

BIBLIOGRAFIA CZASOPISM ELEKTROTECHNICZNYCH

w opracowaniu

GŁÓWNEGO INSTYTUTU ELEKTROTECHNIKI

NR 5 589 — 643 1950

Kotły

589 621.311.22:621.183.31
Ob umienszenji sztata wodosmotrow. Wymorkow B. M. — Możliwości zmniejszenia ilości wskaźników stanu wody w urządzeniach zasilania kotła wodą. Schematy jedno- i dwustronne zasilania z automatyczną i ręczną regulacją. Sygnalizacja stanu wody w kotle, układ i jego działanie. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 11—13, 4 rys. A. M.

590 621.311.22:621.186.7:691.3
Izolacja topocznoj kamery kotła ognieupornym bietonom i matracami. Łogunow F. G. — Znaczenie izolowania komory paleniskowej kotła. Opis izolowania, zastosowanego w jednym z kotłów 90/110 t/godz. Skład chemiczny betonu. Sposób wykonania izolacji. Stosowanie płyt izolacyjnych. Wnioski i porównanie ze zwykłym wyłożeniem cegłą ogniotrwałą. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 20—22, 4 rys., 2 tabl. A. M.

591 621.311.22:621.187:621.182.27
Eksploatacjonnyj kontrol wozdusznogo bałansa kotielnogo agregata. Warawickij I. B., Łokszyn W. A. — Metody pomiaru ilości powietrza i spalin. Zastosowanie dysz lemniskatowych. Rozkład prędkości powietrza w przekroju dyszy. Miejsca pomiaru powietrza i spalin. Sposób wykonywania pomiarów. Wskazówki wykreślenia lemniskaty. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 10—14, 3 rys., 2 wykr. A. M.

592 621.187.124
Udalenje kisłoroda iz pitatielnoj wody stalnymi strużkami. Mamet A. P., Głuszenko W. W. — Opis metody odgazowywania chemicznego wody zasilającej przy użyciu wiórków stalowych. Wyniki prac badawczych nad skutecznością metody. Wpływ temperatury, zawartości tlenu, czasu działania oraz twardości wody na skuteczność odgazowania. Wnioski. — Elektr. Stanc., 1950, nr 1, str. 19—22, 1 rys., 1 wykr., 1 tabl., 1 poz. bibl. A. M.

Turbiny wodne

593 621.24-226.32
Opriedielenje kombinatornoj zawisjimosti u gidroturbin Kapłana. Władisławlew L. A. — Znaczenie charakterystyki, określającej zależność kąta nastawienia łopatek turbiny wodnej Kapłana od położenia urządzenia sterującego. Sposób wyznaczenia charakterystyki. Wyniki badań. Wnioski. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 14—15, 1 wykr., 1 tabl. A. M.

Układy elektroenergetyczne

594 621.311.1.054.42
Series capacitor and double conductors in the swedish transmission system. Rusck A., Rathsman B. G. — Stosowanie kondensatorów posobnych i przewodów wiązkowych w szwedzkim układzie elektroenergetycznym w celu polepszenia warunków zachowania równowagi w stanie nieustalonym i ustalonym. Dane kondensatorów. Dobór stopnia kompensacji pod względem ekonomicznym. Dane charakterystyczne przewodów wiązkowych. Wpływ na konstrukcję linii. Wpływ sił pomiędzy przewodami. Dane dotyczące montażu. — Electr. Engng., 1950, t. 69, nr 1, str. 53—57, 1 fot., 2 rys., 5 wykr., 1 tabl., 9 poz. bibl. A. P.

595 621.311.176.:658.562
Ob organizacji biezawarijnoj raboty opieratiwnogo piersonała. Konowałow Ju. M. — Znaczenie właściwej organizacji pracy personelu dla uniknięcia zakłóceń. Broszura E F. Joffe na temat organizacji pracy personelu stacyjnego nastawni. Jednoznaczność terminologii rozkazów. Notowanie manipulacji. Przykłady. Potrzeba wydania książki na temat organizacji pracy personelu stacyjnego. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 57—58, 1 poz. bibl. A. M.

596 621.311.21:621.293-757.7
Borba s zarastanjem wodojomow. Aleksandrowa L. P., Arensztejn A. M. — Przyczyny zarastania zbiorników wodnych. Przykłady zmniejszania się powierzchni jezior i kanałów. Metody walki z zarastaniem zbiorników wodnych. Walka z wodorostami przy pomocy środków chemicznych. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 16—17. A. M.

Elektrownie cieplne

597 621.311.22
Binary cycle at Schiller station offsets high fuel cost. Resseguie H. D. — Opis urządzeń elektrowni o podwójnym obiegu cieplnym rtęciowo-wodnym. Zalety systemu: wysoka sprawność cieplna, uzyskanie dużych spółczynników wykorzystania ciepła, lepsze warunki pracy turbin rtęciowych ze względu na niewystępowanie korozji i erozji, oraz lżejsze wykonanie rurociągów, ze względu na niższe ciśnienia. Rozmieszczenie poszczególnych elementów elektrowni i możliwości rozbudowy. Nastawnia. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 13, str. 99—102, 2 fot., 2 rys. A. P.

598 621.311.22:621.178.18-758.2
Borba s abraziwnym iznosom oborudowanja elektrostancji. Załogin N. G. — Mechanizm zużywania się przez ścieranie. Długość życia różnych elementów i wpływ kształtu na długość życia. Przykłady. Sposoby wyrównywania stopnia zużycia rur kotłowych. Ochrona kolan rurociągów. Odporność materiału na zużycie. Wnioski dla projektowania urządzeń kotłowych i powiększenie długości życia poszczególnych elementów. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 6—7, 6 rys., 2 wykr., 2 poz. bibl. A. M.

599 621.311.22:621.311.17:331.82
Komponowka służebnych pomieszczenij pri gławnom zdanii tiepłowych elektrostancji. Swierdłow P. M. — Analiza wielkości pomieszczeń dla pracowników przy głównym budynku elektrowni. Dane liczbowe dla elektrowni o mocy 50—400 MW. Wytyczne do założeń projektowych. Uwagi ogólne do projektowania budynków pomocniczych przy elektrowniach. — Elektr. Stanc., 1950, nr 1, str. 23—25, 4 rys., 2 tabl. A. M.

600 621.311.22:621.311.17:658.23
Relation of plant design to reserve capacity. Steinberg M. J. — Dobór właściwego rozplanowania elektrowni, mocy kotłów i turbin, prowadzenia parociągów, możliwości rozbudowy i jej elastyczności w celu powiększenia rezerwy mocy. Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 1, str. 64—67, 1 rys., 1 wykr., 3 tabl., 2 poz. bibl. A. P.

601 621.311.22:697.4
Trassirowanje tiepłowych sjetiej. Szifrinson B. L., Leontiewa T. K. — Analiza teoretyczna najekonomiczniejszego pokrycia danego okręgu siecią przewodów ciepłowni. Przykład doboru trasy rurociągów wodnych według podanej metody. Porównanie kosztów inwestycyjnych. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 6—10, 6 rys., 1 wykr., 1 tabl. A. M.

602 621.311.22.003.2
Utility and industrial plants harness 7500-kW standard-design mercury units. — Zalety stosowania podwójnego obiegu cieplnego w siłowniach rtęciowo-parowych. Ob-

niżenie kosztów inwestycyjnych, przy możliwości uzyskiwania wysokich ciśnień i wysokiej sprawności cieplnej. — Power, 1950, t. 94, nr 3, str. 76—77, 2 fot. A. P.

603 621.311.22.016.33
Sudden load reduction in a steam power plant. Noest J. G. — Studium wpływu zmiany obciążenia w elektrowni parowej. Wzrost napięcia i częstotliwości przy nagłym odciążeniu. Szybkość reakcji regulatorów napięcia i czynnika napędowego. Dobór odpowiednich układów eliminujących wpływ nagłego odciążenia. Wskazówki dla personelu ruchu. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 2, str. 101—106, 6 rys., 3 tabl., 3 poz. bibl. A. P.

604 621.313 12
Generator stability depends on several factors. — Omówienie wpływu różnych czynników na zachowanie się prądnicy przy pracy równoległej. Charakterystyki generatora. Czas wyłączania wyłączników. Stosunek prądu wzbudzenia dla znamionowego napięcia przy biegu luzem do prądu wzbudzenia przy znamionowej wartości prądu podczas zwarcia. Działanie regulatorów. — Power, 1950, t. 94, nr 2, str. 109, 1 wykr. A. P.

605 621.313.322-81:621.186-546
Testing steam turbine generator governors under system load conditions. Tornquist E. L., Wade I. L. — Wyznaczanie charakterystyk regulatorów dopływu pary do turbogeneratorów. Metody badania. Opis urządzenia pomiarowego. Wykresy zależności. — Electr. Engng., 1950, t. 69, nr 3, str. 225—229, 4 fot., 1 rys., 3 wykr., 12 poz. bibl. A. P.

606 621.314.21:621.315.012
Use of thyrite in power transformers. Meador J. R. — Zastosowanie thyrytu (materiał ceramiczny, o nieliniowym przebiegu oporności) w transformatorach w celu ograniczenia przepięć i uzyskania bardziej korzystnego rozkładu napięć. Bocznikowanie poszczególnych części uzwojeń przy pomocy krążków thyrytu, zanurzonych w oleju. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 1, str. 52, 1 wykr. A. P.

607 621.314.21.016.3
Economic loading of a transformer system. Levine D. L., Smith H. E. — Omówienie wpływu różnych czynników na gospodarczo korzystne obciążanie transformatorów. Obciążenie szczytowe i czas trwania szczytu. Sprawność transformatora. Stosunek strat w miedzi i w żelazie. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 1, str. 35, 3 wykr. A. P.

608 621.314.21.017.71.012.5
Transformer heating under short-circuit conditions. Montsinger V. M., Halsey G. H. — Analiza nagrzewania się transformatorów podczas zwarć. Uwzględnianie odprowadzania ciepła poprzez izolację do oleju. Porównanie wyników prób z danymi z przepisów. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 2, str. 117, 2 wykr. A. P.

609 621.314.21.035.63
Converted fog generator dries transformers. Wetsch A. F. — Opis urządzenia do suszenia transformatorów, dzięki odpowiedniemu przystosowaniu urządzenia do wytwarzania sztucznej mgły. Duże oszczędności w porównaniu do innych metod. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 5, str. 131, 2 fot. A. P.

610 621.314.224
Life testing of power transformers. Satterlee W. W., Reed R. D. — Doświadczalne badanie zmian w oleju i izolacji w 14 transformatorach różnych typów, pracujących w jednakowych warunkach. —Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 1, str. 34, 2 fot., 1 rys. A. P.

611 621.314.224.3.016.312
Toki niebałansa w nulewom prowodie transformatorow toka. Woskresjenski A. A. — Przyczyny powstawania prądu w przewodzie zerowym przekładników prądowych: asymetria obciążeń, istnienie harmonicznych, rozbieżność charakterystyk przekładników prądowych. Wyznaczanie doświadczalne wartości prądu w przewodzie zerowym. Wnioski z analizy wzorów.Przykład obliczania prądu w przewodzie zerowym. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 34—37, 3 rys., 2 wykr., 3 poz. bibl. A. M.

612 621.314 224.3.088
Opriedielenje dopustimoj nagruzki transformatorow toka po woltampiernym charaktieristikam. Pietrokow A. P. — Zależność dokładności przekładnika prądowego od jego obciążenia z charakterystyki napięciowo-prądowej transformatora. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 31—33, 3 rys., 1 wykr. A. M.

Prostowniki

613 621.314.634.017.72
Selenium rectifier uses new cooling method. — Opis nowego sposobu rozwiązania obudowy prostownika selenowego. Osiągnięcie wyższych wydajności. Większa odporność przy zwarciach. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 5, str. 138, 2 fot., 1 wykr. A. P.

614 621.315.1:621.316.57:658.588.4
Pieriedwiżnoj obchodnoj razjedinitiel dla odinocznych linij s odnostoronnim pitanjem. Musatow T. P. — Opis urządzenia przewoźnego, przeznaczonego do zwierania (bocznikowania) wyłączników 35 kV dla umożliwienia prowadzenia remontu w liniach pojedynczych, z jednostronnym zasilaniem, bez przerw w ruchu. — Elektr. Stanc., 1950, nr 1, str. 53—54, 1 rys. A. M.

615 621.315.1:621.315.668.1:621 316.992
Ob izmienienji raspołożenja trosowych pieriemyczek na dieriewiannych oporach. Musatow T. P. — Opis awarii, wywołanych zerwaniem się połączeń pomiędzy przewodami odgromowymi w liniach na słupach drewnianych. Uniknięcie uszkodzeń przez przeniesienie połączeń poniżej przewodów roboczych. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 58, 1 rys. A. M.

616 621.315.1:621.86
Modern construction machines build 138-kV line at record speed. Emery J. F. — Specjalne urządzenia, jak dźwigi, podnośne platformy itp. umożliwiające budowę 36 słupów i zawieszenie przewodów dla 6,5 km linii dziennie. Opis przebiegu budowy. Pewne dane konstrukcyjne. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 3, str. 60—62, 4 fot. A. P.

617 621.315.1.017.71:621.3.035.5
Heating of transmission line clamps. Crabb V. L., Sheadel J. M. — Metody pomiaru strat mocy w zaciskach zawieszenia linii przesyłowych. Sposoby uniknięcia nadmiernych strat w zaciskach, wynikających z występowania dużych strumieni magnetycznych dokoła przewodów. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 2, str. 136, 1 rys., 1 wykr. A. P.

618 621.315.1.027.3:621.3.012.5
Fault locator for high-voltage lines. Spaulding L. R., Diemond C. C. — Opis urządzenia służącego do wykrywania miejsca uszkodzenia w liniach wysokiego napięcia. Zasada działania — wysyłanie impulsów i odbiór ich „echa" od miejsca uszkodzenia przy pomocy specjalnej aparatury. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 2, str. 134, 2 rys. A. P.

619 621.315.1.027.3:621.315 66.087
Opriedielenje transpozicjonnych opor liniejnym iskatielem powrieżdienij. Małchasjan I. W. — Zastosowanie urządzenia do wykrywania uszkodzeń w liniach do wyznaczania miejsc przepleceń. Analiza obrazu na ekranie urządzenia. Przykład badania linii. — Elektr. Stanc., 1950, nr 1, str. 54, 1 rys., 1 tabl. A. M.

620 621.315.211:621.315.616.1
Cable splicing without molds. Kitchin D. W. — Opis nowej metody łączenia kabli o izolacji gumowej, bez konieczności spawania żyły. Wyższa wytrzymałość na przebicie złącza i wyższa oporność dzięki nawijaniu specjalnych taśm przed wulkanizowaniem. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 9, str. 80—81, 11 fot. A. P.

621 621.315.211.3 027.7:621.315 614.6
Very thin tapes promise reduction in cable insulation thicknesses. Domenach L., Komives L. I. — Wyniki badań prowadzonych we Francji nad kablami najwyż-

szych napięć, olejowych-ciśnieniowych, o izolacji z bardzo cienkich warstw taśmy papierowej (rzędu setnych mm). Uzyskanie dużej wytrzymałości udarowej. Możliwości rozwoju nowych konstrukcji kabli do 400 kV. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 11, str. 94—95, 1 rys. A. P.

622 621.315.211.4
Why we chose 15 kV gas-filled cable for chemical plant feeders? Philboeck R. E. — Omówienie względów przemawiających za użyciem kabli gazowych, wypełnionych azotem pod ciśnieniem, służących do zasilania zakładów chemicznych. Duża pewność ruchu. Możliwość wykrywania drobnych uszkodzeń płaszcza. Sposób zabezpieczeń. Opis konstrukcji kabla, urządzeń pomocniczych i instalacji ciśnieniowej. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 7, str. 73—75, 7 fot., 1 rys. A. P.

623 621.315.232
Skrytaja prokładka kabielej w trubach. Mittrach N. P. — Opis ułożenia kabli w rurach stalowych i betonowych. Zalety i wady układania kabli w rurach. Szczegóły montażu. Uwagi redakcji na temat celowości układania kabli w rurach. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 46—47, 1 fot., 2 rys. A. M.

624 621.315.53:621.791.5
Ustanowka dla swarki aluminjewych prowodow i kabielej. Antonow I. A. — Sposoby łączenia aluminium przy montażu przewodów i kabli. Opis urządzenia do spawania gazowego. Opis części urządzenia: palnika, zbiornika oraz nakładek na przewody spawane. Analiza zużycia materiałów palnych oraz czasu spawania. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 31—34, 3 fot., 5 rys., 1 tabl., 1 poz. bibl. A. M.

Izolatory

625 621.315.625.001.42
O profiłakticzeskich ispytanjach izolatorow na podstancjach 35 kV. Nazarow A. I. — Uszkodzenia izolatorów wsporczych na stacjach i ich skutki. Badanie profilaktyczne izolatorów. Sposób przeprowadzania badań profilaktycznych elektrycznych i mechanicznych. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 38—39, 4 rys., 3 poz. bibl. A. M.

626 621.315.626.1
A bushing desing for high altitudes. Vogel F. J., Hart H. A. — Właściwe ukształtowanie osad i porcelany w izolatorach przepustowych dla pracy na dużych wysokościach nad poziomem morza. Uniknięcie występowania ulotu. Niewystępowanie zakłóceń radiowych. — Electr. Engng, 1950, t. 69, nr 2, str. 107, 1 rys., 1 wykr., 1 poz. bibl. A. P.

Sieci i podstacje

627 621.316.1:331.86(470)
O rabotie s eksploatacjonnym piersonałom elektrosjetiej. Kedrin W. M. — Szkolenie personelu sieciowego w Gosenergo. Zaznajamianie personelu z instrukcjami, nagłe egzaminy, ćwiczenia w likwidacji zakłóceń, konferencje techniczne. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 48. A. M.

628 621.316.12.014.7
Sozdanje kratkowriemiennogo aktiwnogo toka dla otyskanja zamykanij na zjemlju. Dubrowskij S. N. — Opis metody odszukiwania miejsca zwarcia doziemnego w sieciach z izolowanym punktem zerowym, opartej na krótkotrwałym włączaniu opornika pomiędzy punkt zerowy i ziemię i działaniu odpowiednich przekaźników. Wyniki eksploatacji. — Elektr. Stanc., nr 3, str. 56, 1 rys. A. M.

629 621.316.13.025.3:621.3 016.313
Single-phase loads from a three-phase supply. Jones B. R. — Opis metod wyrównywania obciążenia w trzech fazach linii zasilającej, wynikających z występowania odbiorników jednofazowych. Układ dwóch transformatorów Δ/y. Układy Δ/Δ i Δy z autotransformatorami. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 1, str. 57, 2 rys. A. P.

630 621.316.26
Obsużdienje woprosa o wyborie racjonalnogo tipa raspriedielitielnogo ustrojstwa. — Uwagi na temat zagadnienia doboru właściwego typu rozdzielni. Analiza referatów, zamieszczonych w czasopiśmie „Elektriczeskije Stancji" Nr 2, 1949. Wypowiedzi przedstawicieli zjednoczeń energetycznych, biur projektowych, montażowych oraz instytutów naukowo-badawczych. — Elektr. Stanc., 1950, nr 1, str. 26—41, 8 rys., 4 poz. bibl. A. M.

631 621.316.26:621.315.66
Two-pole and cross-timber type transformer rack. Therrell D. E. — Nowe, praktyczne rozwiązanie podstacji słupowej. Bezpośrednie umocowanie transformatorów do poprzeczek słupa H. Wzmocnienie zawieszenia środkowego transformatora. Osiągnięte oszczędności w porównaniu do ustawiania transformatorów na platformie. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 13, str. 106, 1 fot., 1 rys. A. P.

632 621.316.26:621.396.99.06
Radio control cuts outage time at rural substations. Kent N. S. — Opis nowego urządzenia, ułatwiającego obsługę podstacji wiejskich. Automatyczna sygnalizacja wyłączeń, zwarć, zaniku napięcia oraz możliwości powtórnego włączenia odbiorców przy pomocy radia. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 11, str. 96—97, 2 fot. A. P.

633 621.316.26:654.9.007.4
Prostaja sjignalizacja dla piersonała pri dieżurstwie jego na domu. Tiepłow W. M. — Opis prostego schematu sygnalizowania zakłóceń na podstacji w mieszkaniu dyżurnego. Zasada działania, schemat układu. — Elektr. Stanc., 1950, nr 1, str. 55—56, 1 rys. A. M.

634 621.316.26.003.2
Indoor substation is one third smaller with transfer gear superimposed. Joyce S. F. — Porównanie kosztów typowej podstacji zewnętrznej, wnętrzowej z odrębnym układem wydzielonym szyn zbiorczych oraz podstacji wnętrzowej, w której wydzielony układ szyn zbiorczych prowadzony jest wspólnie z głównym układem szyn zbiorczych. Uzyskanie oszczędności miejsca i kosztów. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 9, str. 90—91, 3 rys. A. P.

Urządzenia rozdzielcze

635 621.316.34:621 315.37
Prokładka prowodow na panjelach szczytow. Turczyn N. Ja. — Sposoby układania przewodów na tablicach rozdzielczych, ich zalety i wady. Opis metody, polegającej na przymocowywaniu przewodów do poprzecznie umieszczonych prętów. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 45, 1 rys. A. M.

636 621.398:621.316.57:621.316.1
Tieleuprawlenje wykluczatielami w gorodskich elektrosjetiach. Zjemlankier L. H. — Opis zdalnego sterowania wyłączników w sieciach miejskich. Rozwiązanie konstrukcyjne sterowania wyłącznika olejowego 10 kV z automatycznym jednokrotnym załączaniem. Tablica sterowania. Schemat układu i zasada jego działania. Wnioski. — Elektr. Stanc., 1950, nr 3, str. 35—38, 3 rys. A. M.

637 621.316.57.064.241:621.51
Analiz schem ustanowok, wyrabotywajuszczych szatyj wozduch dla wozdusznych wykluczatielej. Siemionow G. I., Jurjew P. I. — Analiza schematów urządzeń sprężarkowych, opisanych w artykule W. W. Afanasjewa w czasopiśmie „Elektriczeskije Stancji", Nr 3, 48 r. Wady i zalety poszczególnych układów. — Elektr. Stanc., 1950, nr 2, str. 23, 1 poz. bibl. A. M.

638 621.316.1:621.316.9
Today's lightning knowledge can improve distribution line design. Barron J. P. — Poprawa pewności ruchu linii rozdzielczych dzięki zastosowaniu zabezpieczeń przeciwko wyładowaniom atmosferycznym. Dobór odpowiednich odległości ze względu na przeskok. Koordynacja izolacji. Zabezpieczanie transformatorów. Zabezpieczanie linii przy pomocy odgromników. Ochronniki. Iskierniki. — Electr. World, 1950, t. 133, nr 7, str. 76—79, 1 rys., 6 wykr. A. P.

639 621 315.05:621.316.925
Carrier relaying aids 115-kV new england tie lines. Goodridge H. L. — Opis układu zabezpieczeń przy pomocy przekaźników. Wykorzystanie prądów nośnych. Systemy stosowanych przekaźników. Wyłączniki. Uzyskanie dużej pewności działania systemu zabezpieczeń układu

Kubrakiewicz Roman, Warszawa, Podskarbińska 54, blok kolejowy nr 1 m. 3
Kudelski Przemysław, (T), Warszawa, 11 Listopada 34 m. 36
Kwiatkowski Wojciech, Warszawa, Raszyńska 15 m. 4
Łagowski Eugeniusz, (T), Pyry k. Warszawy, Leśna 6
Mamczyc Bolesław, (T), Warszawa, Poznańska 16 m. 16
Marcinkowski Eugeniusz, (T), Warszawa, Nowogrodzka 48 m. 17
Matyas Stanisław, (T), Falenica p. Warszawą, Nowa 5 m. 2
Milczarek Teodor, Ursus p. Warszawą, Szamoty 2 m. 4
Missala Tadeusz, Warszawa, Szczawnicka 18
Mori Karol, (T), Rembertów p. Warszawą, Witolda 30
Mrozek Mieczysław, Warszawa, Liwska 4 a m. 13
Orłowski Bolesław, (T), Włochy k. Warszawy, Sejmowa 20 m. 4
Pociask Stanisław, (T), Warszawa, Berezyńska 24 m. 6
Przasnek Bolesław, (T), Zielonka k. Warszawy, Kolejowa 21
Sankowski Edmund, (T), Warszawa, Barbary 2 a m. 3 b
Strzałkowski Adam, Warszawa, Jakubowska 14 m. 2
Szczepiński Witold, (T), Pruszków k. Warszawy, Narodowa 15
Temler Jan, (T), Warszawa, Stołeczna 15 m. 125
Warakomski Bronisław, Warszawa-Okęcie, Kościuszki 9
Wardęcki Henryk, (T), Warszawa, Kamionkowska 49 m. 16
Waszul Zygmunt, (T), Otwock p. Warszawą, Żeromskiego 12 m. 4
Wawelberg Hipolit, Warszawa, Górczewska 15 m. 42
Wojnar Andrzej, (T), Warszawa, Krasińskiego 18 m. 136
Wyrzykowski Włodzimierz, (T), Warszawa, Leszno 77 m. 82
Zaniewicz Wacław, (T), Warszawa, Sulejkowska 51 m. 4
Zapałowski Kazimierz, Warszawa, Żurawia 40 m. 16
Zdunik Julian, (T), Włochy k. Warszawy, Zachodnia 15 m. 3
Ziółkowski Józef, Warszawa, Szkolna 29 m. 3

WAŻNE DLA PLANUJĄCYCH WYDATKI NA ZAKUP I PRZEDPŁATĘ CZASOPISM TECHNICZNYCH NA ROK 1951

Instytucje wydające czasopisma techniczne, a mianowicie:

NACZELNA ORGANIZACJA TECHNICZNA,
PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE,
WYDAWNICTWA KOMUNIKACYJNE,

działając na podstawie wytycznych Komisji Wydawnictw Technicznych przy Państwowej Komisji Planowania Gospodarczego, biorąc pod uwagę doniosłą rolę, którą prasa techniczna powinna spełniać przy realizacji planu 6-letniego, dążąc do uprzystępnienia literatury fachowej jak najszerszym rzeszom pracowników, ujednoliciły warunki przedpłaty i ceny czasopism na rok 1951.

Wysokość normalnej przedpłaty została uzależniona od objętości czasopisma; przedpłatę ulgową ustalono dla wszystkich czasopism jednakowo w wysokości zł 1,50 bądź 3,— za jeden zeszyt poszczególnego czasopisma bez względu na objętość.

Wyżej wymienione instytucje wydawnicze proszą urzędy, instytucje i przedsiębiorstwa gospodarki uspołecznionej o zapewnienie w swych budżetach bądź planach finansowo-gospodarczych na rok 1951 potrzebnych na ten cel środków finansowych.

Ponadto uprasza się związki zawodowe, stowarzyszenia inżynierów i techników, kluby racjonalizatorów dyrekcje szkół zawodowych oraz koła naukowe studentów szkół wyższych i szkół technicznych, aby przystąpiły do organizowania zbiorowej przedpłaty czasopism technicznych.

Wydawca	Nazwa czasopisma	Częstość wychodzenia	Cena nomin. zeszytu w 1951 r.	Przedpłata normalna			Przedpłata ulgowa		
				kwartalna	półroczna	roczna	kwartalna	półroczna	roczna
Naczelna Organizacja Techniczna	GRUPA A								
	ARCHITEKTURA	mies.	15	45	90	180	18	36	72
	GOSPODARKA WODNA	mies.	7,5	22,5	45	90	9	18	36
	INŻYNIERIA I BUDOWNICTWO	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	PRZEGLĄD GEODEZYJNY	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	PRZEGLĄD MECHANICZNY	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	PRZEGLĄD PAPIERNICZY	mies.	4,5	13,5	27	54	9	18	36
	PRZEGLĄD TECHNICZNY	mies.	9	27	54	108	4,5	9	18
	PRZEGLĄD TELEKOMUNIKACYJNY	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	PRZEMYSŁ CHEMICZNY	mies.	12	36	72	144	9	18	36
	TECHNIKA LOTNICZA	kwart.	6	6	12	24	3	6	12
	TECHNIKA MORZA I WYBRZEŻA	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	GRUPA B								
	ENERGETYKA	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	GAZETA CUKROWNICZA	mies.	4,5	13,5	27	54	9	18	36
	GAZ, WODA I TECHNIKA SANITARNA	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	MATERIAŁY BUDOWLANE	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	MECHANIK	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	PAPIERNIK	mies.	3	9	18	36	4,5	9	18
	PRZEGLĄD BUDOWLANY	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	PRZEGLĄD SKÓRZANY	mies.	4,5	13,5	27	54	9	18	36
	PRZEGLĄD SPAWALNICTWA	mies.	4,5	13,5	27	54	9	19	36
	PRZEMYSŁ MOTORYZACYJNY	kwart.	7,5	7,5	15	30	3	6	12
	PRZEMYSŁ DRZEWNY	mies.	4,5	13,5	27	54	9	18	36
	PRZEMYSŁ ROLNY I SPOŻYWCZY	mies.	7,5	22,5	45	90	9	18	36
	PRZEMYSŁ WŁÓKIENNICZY	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	SZKŁO I CERAMIKA	mies.	4,5	13,5	27	54	9	18	36
	WIADOMOŚCI ELEKTROTECHNICZNE	mies.	3	9	18	36	4,5	9	18
	WIADOMOŚCI TELEKOMUNIKACYJNE	mies.	3	9	18	36	4,5	9	18

Dokończenie na str. IV

Dokończenie ze str. III

Wydawca	Nazwa czasopisma	Częstość wychodzenia	Cena nomin. zeszytu w 1951 r.	Przedpłata normalna			Przedpłata ulgowa		
				kwartalna	półroczna	roczna	kwartalna	półroczna	roczna
Państwowe Wydawnictwa Techniczne	GRUPA A								
	BIULETYN PRZEMYSŁU MATERIAŁÓW OGNIOTRWAŁYCH Konto PKO nr III-5571/110, adres admin. Gliwice, Łabędzka 45	półrocznie	6	—	—	12	—	—	6
	PRZEGLĄD GÓRNICZY Konto PKO nr III-5572/110, adres admin. Katowice, ul. Stawowa 19	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	HUTNIK Konto PKO nr III-5574/110, adres admin. Katowice, ul. Stawowa 19	mies.	9	27	54	108	9	18	36
	GRUPA B								
	CEMENT Konto PKO nr III-5315/110, adres admin. Sosnowiec, ul. 3 Maja 22	mies.	4,5	13,5	27	54	9	18	36
	CHEMIK Konto PKO nr III-5570/110, adres admin. Katowice, ul. Stawowa 19	mies.	4,5	13,5	27	54	4,5	9	18
	NAFTA Konto PKO nr IV-2651, adres admin. Kraków, Łobzowska 49	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	PRZEGLĄD ODLEWNICZY Konto PKO —; pismo nowe będzie wydawane od 1. 1. 51)	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	WIADOMOŚCI GÓRNICZE Konto PKO nr III-5573/110, adres admin. Katowice, Stawowa 19	mies.	4,5	13,5	27	54	4,5	9	18
	WIADOMOŚCI HUTNICZE Konto PKO nr III-5575/110, adres admin. Katowice, ul. Stwowa 19	mies.	4,5	13,5	27	54	4,5	9	18
Wydawnictwa Komunikacyjne	GRUPA A								
	DROGOWNICTWO Konto PKO nr I-8523, adres admin. Warszawa, ul. Kazimierzowska 52	mies.	6	18	36	72	9	18	36
	MOTORYZACJA Konto PKO nr I-1955/110, adres admin. Warszawa, ul. Żurawia 24a, m. 21	mies.	4,5	13,5	27	54	4,5	9	18
	GRUPA B								
	PRZEGLĄD KOLEJOWY Konto PKO nr I-8523, adres admin. Warszawa, ul. Kazimierzowska 52	mies.	7,5	22,5	45	90	9	18	36

Do korzystania z przedpłat ulgowych są uprawnieni:

GRUPA A

a) członkowie stowarzyszeń technicznych zrzeszonych w NOT przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy czasopism, wydawanych przez PWT i WK, poprzez oddziały NOT lub oddział stowarzyszenia technicznego,

b) studenci wyższych uczelni przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy poprzez koła naukowe lub inne zrzeszenia studentów wyższych uczelni;

GRUPA B

a) członkowie związków zawodowych przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy poprzez oddział związku, koła związku lub radę zakładową,

b) członkowie stowarzyszeń technicznych zrzeszonych w NOT przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy czasopism, wydawanych przez PWT i WK, poprzez oddział NOT lub oddział stowarzyszenia technicznego,

c) studenci wyższych uczelni przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy poprzez koła naukowe lub inne zrzeszenia studentów wyższych uczelni,

d) uczniowie szkół zawodowych przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy poprzez dyrekcję szkoły,

e) kluby racjonalizatorskie przy abonowaniu co najmniej pięciu egzemplarzy.

Jednocześnie przypominamy, że sprawę przedpłaty ulgowej czasopism, wydawanych przez NOT, dla członków stowarzyszeń technicznych zrzeszonych w NOT reguluje okólnik NOT znak 7461/8008/9008/50 z dnia 7 sierpnia r. b., przewidujący ulgi przy indywidualnych przedpłatach czasopisma „Przegląd Techniczny" i jednego czasopisma branżowego dla członków stowarzyszeń zrzeszonych w NOT (ob. Przegl. Elektr., 1950, z. 7/8, str. 380).

Naczelna Organizacja Techniczna
Państwowe Wydawnictwa Techniczne
Wydawnictwa Komunikacyjne

Warszawa, dnia 18 sierpnia 1950 r.

Redaktor inż. Tadeusz Czaplicki. — Wydawca Naczelna Organizacja Techniczna. — Adres Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego 3/5. — 160 str., A4, pap. ilustr.. kl. A, 61×86, 90 g; 4500 egz.

Zakłady Graficzne im. Marcina Kasprzaka w Poznaniu — 3955/10/50 — K-2-15019